अंक 2 | दिसम्बर, 2021 | अर्ध वार्षिक | बेंगलूरु

Azim Premji University

आई वंडर...

रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस



पेज 4

स्थान आधारित विज्ञान शिक्षा

अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय का प्रकाशन

सम्पादकीय कार्यालय
सम्पादक, आई वंडर...री-डिस्कवरिंग स्कूल साइंस,
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज, बिक्कनाहल्ली मेन रोड, सरजापुरा, बेंगलूरु - 562 125 कर्नाटक
फोन: 080-66144900 | **फैक्स:** 080-66144900 | **ईमेल:** publications@apu.edu.in | **वेबसाइट:** www.azimpremjiuniversity.edu.in

यह मूल रूप से अँग्रेज़ी में प्रकाशित आई वंडर...रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस अंक 6,जून, 2021 के लेखों का हिन्दी अनुवाद है। इस अंक की सॉफ्ट कॉपी http://azimpremjiuniversity.edu.in/SitePages/resources-iwonder.aspx से डाउनलोड की जा सकती है।

हमारे बारे में

आई वंडर...रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस स्कूल शिक्षकों के लिए एक विज्ञान-पत्रिका है। हमारा उद्देश्य ऐसे लेखों को प्रस्तुत करना है जो शिक्षकों (साथ ही अभिभावकों, शोधकर्ताओं और अन्य इच्छुक वयस्कों) को शिक्षण के विभिन्न आयामों और कक्षा व कक्षा के बाहर आजीवन विज्ञान सीखते रहने के बारे में एक सरल और चिन्तनशील बातचीत से जोड़ें। हम ऐसे लेखों का स्वागत करते हैं जो विज्ञान व विज्ञान-शिक्षा पर आलोचनात्मक दृष्टिकोण साझा करते हैं, मूलभूत अवधारणाओं (कैसे, क्यों और आगे क्या) की गहरी व व्यापक समझ प्रदान करते हैं। साथ ही साथ जो अधिक अनुभवात्मक और सार्थक तरीक़ों से विज्ञान सीखने को प्रोत्साहित करने वाली कार्यप्रणालियों के उदाहरण प्रस्तुत करते हैं। *आई वंडर...रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस* विद्यार्थियों व विज्ञान में रुचि रखने वालों के लिए भी एक बढ़िया स्रोत है।

फोटो सौजन्य

मुख्य आवरण : Interconnected. साभार : FeeLoona, Pixabay. URL: https://pixabay.com/photos/grasshopper-green-close-up-insect-619398/. License: CC0.

पिछला आवरण : बग़ीचे में पानी देता बच्चा। साभार : 9lnw, Pixabay. URL: https://pixabay.com/photos/tree-watering-child-planting-3335400/. License: CC0.

सलाहकार
विनोद अब्राहम, सुधीश वेंकटेश, एस. गिरिधर, मनोज पी. तथा राजाराम नित्यानन्द

प्रकाशन समन्वयक
शान्ता के.

प्रकाशन सहयोगी
शहनाज़ बेगम

हिन्दी अनुवाद पुनरीक्षण-सम्पादन
सुशील जोशी, उमा सुधीर, प्रतिका गुप्ता
(एकलव्य फ़ाउण्डेशन)

कॉपी एडीटर (हिन्दी)
पारुल सोनी, सीमा, अभिषेक दुबे,
अनुज उपाध्याय
(एकलव्य फ़ाउण्डेशन)

हिन्दी अंक सम्पादन
राजेश उत्साही

रेखांकन
विद्या कमलेश

चित्रांकन
विद्या कमलेश

अँग्रेज़ी अंक डिज़ायन
ज़िंक एवं ब्रोकोली

हिन्दी अंक लेआउट एवं मुद्रक
आदर्श प्रा.लि. भोपाल
+91-755-2555442

हम आभारी हैं
स्नेहा कुमारी, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु को उनके अमूल्य योगदान के लिए विशेष धन्यवाद; और इंडिया बायोसाइंस, नेशनल सेंटर फ़ॉर बायोलॉजिकल साइंसेज़, बेंगलूरु के सत्यजीत मेयर तथा स्मिता जैन को इस अंक को बनाने में सहयोग के लिए धन्यवाद।

सम्पादकीय

जलवायु परिवर्तन, ग्लोबल वार्मिंग, ओज़ोन परत का ह्रास, महा-विलुप्तीकरण और अब महामारी जैसे शब्द हमारी रोज़मर्रा की शब्दावली का हिस्सा बन गए हैं।

युवा न केवल अपने स्कूली पाठ्यक्रम, पाठ्यपुस्तकों और कक्षाओं में इन शब्दों को सुनते हैं, बल्कि सोशल मीडिया, टीवी आदि जैसे कई स्रोतों से उन्हें सूचनाओं और ग़लत-सूचनाओं का अम्बार भी मिलता है। शोधकर्ता बताते हैं कि इससे बच्चों और युवाओं पर दो विपरीत तरह के प्रभाव पड़े हैं। एक तरफ़ दुश्चिंता और निराशा की भावना और दूसरी तरफ़ स्वीकृति और विरक्ति की भावना। ये दोनों ही स्थितियाँ, भौतिकशास्त्री फ्रिट्ज़ॉफ कैप्रा के शब्दों में "*जीवन को बनाए रखने के लिए प्रकृति की अन्तर्निहित क्षमता के साथ सहयोग करके*" हमारी प्रतिक्रिया देने की सामर्थ्य को चोट पहुँचाती हैं। इस दिशा में पहला क़दम है इस शोरगुल के पार जाकर वैज्ञानिक 'सत्य' को समझने की क्षमता का निर्माण। विज्ञान शिक्षक जोनाथन ओसबोर्न के शब्दों में, इससे, "*विद्यार्थियों की विज्ञान में रुचि बढ़ेगी, इस बारे में बात करने का आत्मविश्वास आएगा और जब-जहाँ ज़रूरत पड़ने पर विज्ञान से जुड़ने की इच्छा होगी।*" इस सीखने में यह समझ निहित है कि कैसे प्रकृति जीवन को बनाए रखती है — जटिल, परस्पर सम्बन्धों का जाल जो लचीलापन देता है, और मानव समाजों को फलने-फूलने में मदद करता है।

विज्ञान और वैज्ञानिक प्रगति ने हमें पृथ्वी के तंत्रों को देखने और समझने के नए तरीक़े दिए हैं। एक ओर यह हमें जीवन और प्राकृतिक घटनाओं की सुन्दरता व आश्चर्यों से चकित करता है, तो दूसरी ओर यह हमें मानव गतिविधियों के कारण पृथ्वी पर हो रहे गम्भीर परिवर्तनों के प्रमाण भी देता है। विज्ञान मानव समाज में जुड़ा हुआ है और इसीलिए यह समाज की बदलती प्राथमिकताओं से प्रभावित होता है। यह विविध परिवेशों द्वारा और विविध परिवेशों में एक रचनात्मक, सहयोगात्मक पड़ताल की प्रक्रिया भी है। इसी वजह से विज्ञान हमें ऐसे सुसंगत निर्णयों और उपायों पर पहुँचने में मदद कर सकता है जिनकी मदद से जीवन के ताने-बाने को इस तरह बनाए रखा जा सके ताकि हम इस तरह जी सकें कि मानो पृथ्वी का महत्त्व हो।

लोगों में विज्ञान करने और विज्ञान के प्रति यह भावना पनपाने के लिए इसके बीज कम उम्र में बोना सबसे अच्छा है। स्कूल का पर्यावरण वह पृथ्वी हो सकती है जहाँ इन बीजों को बोया और पोषित किया जाए। ज़रूरत इस बात की है कि बच्चे जीवन की भौतिकी और रसायन विज्ञान की खोजबीन करें और फिर उन्हें जैव वैज्ञानिक और गणितीय सिद्धान्तों के साथ जोड़ें। इस तरह, वे जीवन और जीवन प्रक्रियाओं को एक समग्र रूप में समझना सीख सकते हैं। शिक्षक वे बाग़वान बन सकते हैं जो पृथ्वी के महत्त्व को ध्यान में रखकर बच्चों को पढ़ाएँ; बच्चों के लिए सीखने के अनुभव निर्मित करना और उन अनुभवों का हिस्सा बनना, अपने आसपास की दुनिया को कौतूहल, विस्मय और समानुभूति के साथ साझा करना और खोजना तथा साथ ही संवेदनशीलता और जागरूकता पैदा करना।

इस अंक में, कई शिक्षकों ने पृथ्वी के महत्त्व को दृष्टिगत रखते हुए विज्ञान पढ़ाने के अपने तरीक़ों के अपने प्रयास और अनुभव साझा किए हैं।

उदाहरण के लिए, **मीनाक्षी उमेश** इस बात के ज़ोरदार प्रमाण प्रस्तुत करती हैं कि "*बच्चे, पृथ्वी और जीवजगत का सम्मान करना*" विज्ञान शिक्षण के मूल में है। **पूर्णिमा** और **निशान्त** का मत है कि अवलोकन-आधारित सीखना, जो वैज्ञानिक खोजबीन का एक अहम पहलू है, और अपने आसपास के पर्यावरण से एक सम्बन्ध बनाना सीखने को अर्थपूर्ण बनाते हैं। इसके विपरीत, **रोहिणी चिन्ता** दादा (या नाना) और पोते के बीच एक अन्तरंग बातचीत के माध्यम से पर्यावरणीय मुद्दों के प्रति व्यक्तिगत कामों की भूमिका प्रस्तुत करती हैं। **प्रशान्त वहुले** और **कविता कृष्ण** जीवन के लिए पानी एक अनिवार्यता की खोजबीन में बच्चों की वास्तविक दुनिया के ज्ञान और अनुभवों को कक्षा के सीखने से जोड़ते हैं।

इन अनुभवों के बारे में आप क्या सोचते हैं? शिक्षक के रूप में आपके अपने अनुभव क्या हैं? अपनी प्रतिक्रिया हमारे साथ iwonder@apu.edu.in पर साझा करें।

राधा गोपालन
सम्पादक

अनुवाद : प्रतिका गुप्ता



इस अंक में

शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है

विज्ञान प्रयोगशाला

आँगन में जीवन

विज्ञान शिक्षक काम पर

शोध से व्यवहार तक

शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है



स्थान आधारित विज्ञान शिक्षा

पूर्णिमा अरुण और निशान्त

विज्ञान क्या है और शिक्षा में इसकी क्या भूमिका है? जब हम जगह, लोगों और अन्य जीवों के साथ सम्बन्धों को अहमियत देते हैं, तो सीखना किस तरह का होता है? पूर्व-स्थापित किताबी ज्ञान और वर्तमान के अनुभवों के बीच सन्तुलन कैसे बनाया जाए?

"कोई भी जगह अपवित्र नहीं होती, केवल तिरस्कृत होती है।" — वेनडेल बेरी

पूरी पृथ्वी की चिन्ता करने के लिए ज़रूरी है कि हम जिस जगह पर हैं, पहले उसकी देखभाल करें। किसी जगह से पुनः सम्बन्ध स्थापित करने का सफ़र (सामूहिक या व्यक्तिगत) समझने, आनन्द लेने और उस जगह के बारे में अधिक-से-अधिक गहराई से फ़िक्र करने की एक लम्बी, लगातार चलने वाली प्रक्रिया हो सकती है। मरुदम (देखें **बॉक्स-1**) के बहुत सारे काम के मूल में यही सिद्धान्त है। पढ़ाने के लिहाज़ से हमारे यहाँ पृथ्वी विज्ञान और इकॉलॉजी हमेशा विषय के तौर पर नहीं होते, बल्कि सभी कक्षा-समूह अपने परिवेश और जीवों के साथ रिश्ता बनाने में समय व्यतीत करते हैं। कुछ रिश्ते पास की अरुणाचल पहाड़ी के जंगलों के साथ बनते हैं, कुछ स्कूल परिसर के आसपास के जीव-जन्तुओं के साथ, पास के गाँव के खेतों के साथ, उन पौधों के साथ जिन्हें हम खाते हैं, और उस पानी के साथ जो उस ज़मीन पर बहता है और ज़मीन के नीचे है, और परिसर में तथा आसपास काम करने वाले अन्य लोगों के साथ (देखें **चित्र-1**)। प्रकृति के साथ पुनः जुड़ने की यह प्रक्रिया बौद्धिक क़वायद नहीं है, बल्कि अनुभव, काम और चिन्तन से उभरने वाली प्रक्रिया है।

लोगों के बीच सम्बन्ध अन्य किसी भी सम्बन्ध के जितने ही महत्त्वपूर्ण हैं। यदि हम यह मानते हैं कि हम सभी प्रकृति से

बॉक्स-1 : मरुदम फार्म स्कूल : एक परिचय

मरुदम फार्म स्कूल, 'दी फ़ॉरेस्ट वे' के अन्तर्गत संचालित है — जो एक पंजीकृत स्वयंसेवी संस्था है और शिक्षा, वृक्षारोपण, जैविक खेती और कई अन्य क्षेत्रों में कार्यरत है। यह तमिलनाडु के तिरुवन्नामलाई शहर के पास स्थित है। स्कूल, उसका परिसर और यहाँ की ज़मीन का यह सफ़र, बहुत से प्रतिबद्ध लोगों के जुनून और ऊर्जा तथा दुनिया भर के दोस्तों और दानदाताओं के एक उदार सहयोग का नतीजा है।

मरुदम में (2020) में 4 से 16 साल तक के लगभग 130 बच्चे, 30 शिक्षक और अलग-अलग भूमिका में अन्य कर्मचारी हैं; जिसमें से लगभग 20 आवासीय हैं; अनेकों कुत्ते, बिल्लियाँ, गाय, मुर्गियाँ हैं और एक समृद्ध, विविधतापूर्ण, और निरन्तर बढ़ती हुई तरह-तरह के वन्य जीवों की आबादी है। एक जैविक खेत पर स्थित, 8 एकड़ में फैली हुई ज़मीन है जिसके साथ हम लगातार एक समृद्ध, वास्तविक, शैक्षिक संसाधन की तरह काम करते हैं जो सीखने का अन्तरंग हिस्सा है। इतनी अलग-अलग सांस्कृतिक और सामाजिक पृष्ठभूमि से होने के कारण समूह में बहुत विविधता है। एकीकरण की समृद्धता ही यहाँ के लोकाचार का प्रमुख तत्व है। इस तरह के वातावरण में इतनी निकटता से काम करना और साथ रहकर सीखना, वह भी बग़ैर किसी औपचारिक ढाँचे के, कभी-कभी काफ़ी चुनौतीपूर्ण भी हो सकता है। साथ-ही-साथ, यह दिलचस्प है, फलदायक है और यह कभी उबाऊ नहीं लगता।



चित्र-1 : अरुणाचल की पहाड़ी जंगल में कक्षा।
Credits: Marudam Farm School. Licence: CC-BY-NC.

जुड़ने के एक सफ़र पर निकले हैं, तो एक-दूसरे के साथ और एक-दूसरे से सीखना ज़रूरी हो जाता है। शिक्षकों को भी उनसे सीखना चाहिए जिन्हें वे सिखाते हैं, क्योंकि अक्सर बच्चों की इन्द्रियाँ और संवेदनाएँ अधिक तीक्ष्ण होती हैं। दूसरी ओर, सभी को, बच्चों को भी, अपने सीखने की ज़िम्मेदारी ख़ुद लेनी चाहिए। इस मायने में कक्षाओं को समूह में चर्चा से बनी एक सामूहिक सहमति के रूप में देखा जा सकता है। स्कूल का टाइम टेबल बनाते समय और स्कूल के काम-काज की लय स्थापित करते हुए यह ध्यान दिया जाता है कि इन रिश्तों के लिए साथ में समय बिताना ज़रूरी है।

इस चश्मे से देखें, तो विज्ञान क्या है और शिक्षा में इसकी क्या जगह है? विज्ञान पढ़ाने वाले शिक्षक होने के नाते, हम अपनी समझ को इन प्रश्नों से कैसे जोड़ें?

विज्ञान सीखने के लिए ज़मीनी दृष्टिकोण

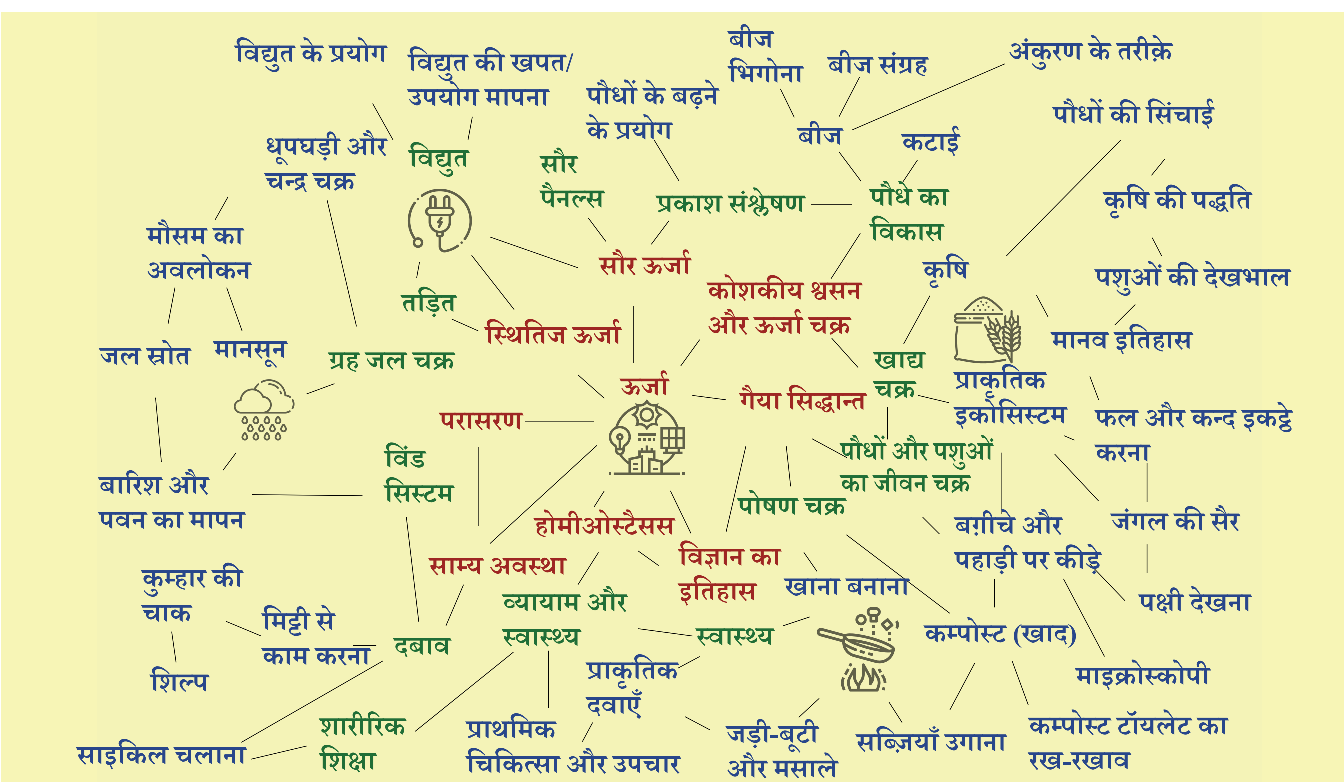
बच्चों के लिए विज्ञान के सबसे सकारात्मक पहलुओं की शुरुआत अपने परिवेश का अवलोकन करने से और अपने आसपास की विभिन्न चीज़ों के बारे में क्यों-कैसे पूछकर हो सकती है। बच्चे अपने अवलोकनों पर खुली चर्चा में शामिल होकर और अपने अवलोकनों को पढ़ी हुई या सुनी हुई बातों, जिनमें विज्ञान के ज्ञान का भण्डार भी शामिल है, के साथ जोड़कर देखने से सीखते हैं। यह प्रक्रिया तब शुरू हो सकती है जब, उदाहरण के लिए, बच्चा पूछता है कि किसी चट्टान की कगार पर उगे अंजीर के वृक्ष (Ficus mollis) को पोषण कहाँ से मिलता है भला? बच्चा फिर यह सुनता है कि उसके सहपाठी क्या सोचते हैं। वे मिलकर इस पर चर्चा करते हैं — पौधों के पोषण और जड़ों के बारे में उन्होंने जो कुछ पढ़ा है और चट्टानों के बारे में जो कुछ जानते हैं उसे जोड़ते हुए और साथ ही अपने सहजबोध के प्रति भी खुलापन रखते हुए। शिक्षक भी इस चर्चा में भाग लेते हैं — अन्य नज़रियों को सामने लाकर या प्रश्न पूछकर, लेकिन ध्यान रखते हैं कि चर्चा में वे हावी न हो जाएँ। इस प्रक्रिया से हर व्यक्ति की अंजीर के पेड़ के बारे में समझ बढ़ती है और पेड़ के साथ, चट्टानों के साथ, एक-दूसरे के साथ सम्बन्ध भी गहरा हो जाता है और पारिस्थितिक तंत्र को आकार देने में अपनी भूमिका की समझ भी बनती है। ऐसा होने के लिए ज़रूरी है कि हम कुछ चीज़ों, बातों को ज़मीन से बढ़ने दें, बच्चों के अनुभव और प्रश्नों से शुरू होने दें, न कि विज्ञान की पाठ्यपुस्तक की विषयवस्तु से।

दरअसल, माध्यमिक कक्षाओं तक यही सहज लगता है कि सीखना ज़मीन से शुरू हो। बच्चे की स्वाभाविक जिज्ञासा को बढ़ावा देने के लिए हम उसका सम्पर्क अपने आसपास की और दूर की चीज़ों से करवाते हैं। इनमें दूसरे खेतों का भ्रमण, तालाब, जंगल जैसे भूदृश्य, पारम्परिक वास्तुकला वाले पुराने घर, किले, मन्दिर, हस्तकला के केन्द्र और वैकल्पिक शिक्षा और पारिस्थितिकी से सम्बन्धित अन्य परियोजनाएँ शामिल हैं। हमारी अपनी ज़मीन पर स्कूल की रोज़मर्रा गतिविधियों के अलावा, ये भी स्कूल में सीखने का एक बड़ा हिस्सा हैं। अकादमिक वर्ष के हर सप्ताह आधा दिन बच्चे अरुणाचल पहाड़ पर बिताते हैं। माध्यमिक कक्षाओं के बाद, बच्चों को मौजूदा व्यापक वैज्ञानिक ज्ञान के कुछ-कुछ हिस्सों से भी परिचित कराने का प्रयास किया जाता है और अभी तक जो उन्होंने अनुभव किया है उसके साथ इसे जोड़ा जाता है ताकि सम्बन्धों को और समृद्ध किया जा सके। इस तरह से विज्ञान पढ़ने से विविध नज़रिये एकत्रित हो पाते हैं — कुछ विज्ञान के और कुछ उस सन्दर्भ से जुड़ते हुए, जहाँ से विज्ञान का उद्भव हुआ है।

विविध नज़रियों का समेकन

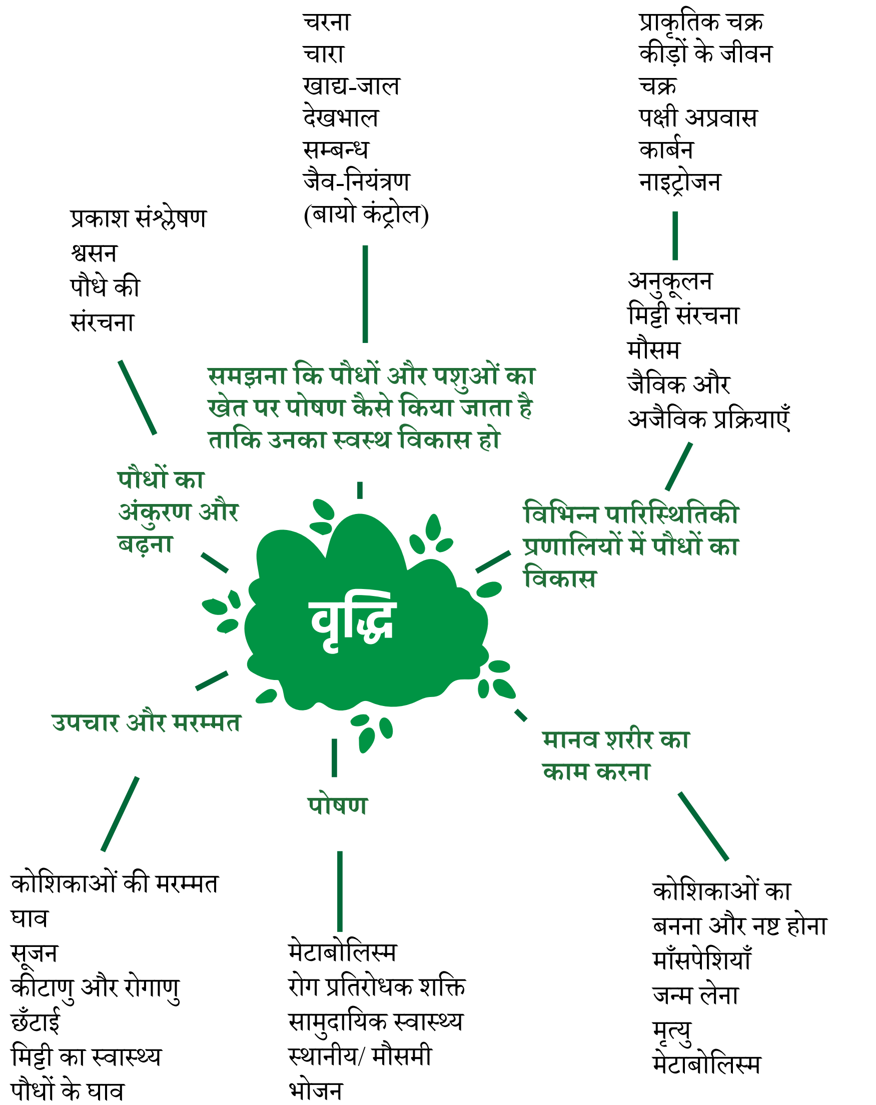
बहुत-सी वैज्ञानिक जानकारी इस मान्यता पर बनी है कि इन्सान का पृथ्वी पर आधिपत्य है। उदाहरण के लिए, विज्ञान की पाठ्यपुस्तकें बड़े पैमाने पर अयस्क और धातु के खनन, सड़कों के चौड़ीकरण, नदियों से ऊर्जा बनाने, 'हरित' क्रान्ति या जंगलों के उपयोगों की तकनीकी जानकारी पर केन्द्रित होती हैं। लेकिन पाठ्यपुस्तकें इस बात का ज़िक्र तक नहीं करतीं कि इन सभी गतिविधियों का प्रकृति में पाए जाने वाले अन्तर सम्बन्धों के जाल पर कितना हानिकारक प्रभाव पड़ता है। साथ ही, विज्ञान को लेकर कुछ दृष्टिकोण अत्यन्त घटकवादी हैं। इसका एक उदाहरण है, मिट्टी के साथ पौधे की जटिल अन्तर्क्रियाओं को मात्र एक यॉंत्रिक पम्प द्वारा पानी व खनिज लवणों के अधिशोषण में तब्दील कर देना। यह रासायनिक खाद के उपयोग को उचित सिद्ध कर सकता है बिना यह पूछे कि मिट्टी और पौधे के बीच जो अन्य अन्तर्सम्बन्ध हैं, उनका क्या होगा। इसमें इस अनुभव के लिए भी कोई जगह नहीं है कि मिट्टी सजीव है। जैसे-जैसे विज्ञान के ये पहलू सामने आते हैं, इन पर प्रश्न उठाने चाहिए। और ये अक्सर उभर कर आएँगे क्योंकि जिन बच्चों या वयस्कों में प्रकृति, पेड़-पौधों और जानवरों की एक गहरी समझ है उन्हें ये पहलू काफ़ी चुभते हैं।

सवाल करने से आगे बढ़कर, हमें इन्हें अलग नज़रियों की तरह शामिल करना होगा। अक्सर ऐसा प्रतीत हो सकता है कि विज्ञान ही ज्ञान का एकमात्र व्यवस्थित



चित्र-2 : अवधारणाओं का जाल। बीच में लाल अक्षरों में लिखी अवधारणाएँ अधिक अमूर्त हैं। किनारे पर नीले अक्षरों में गतिविधियाँ लिखी हैं। हरे अक्षरों में लिखी गतिविधि या तथ्य लाल तथा नीले के बीच पुल बनाते हैं।

निकाय है। उदाहरण के लिए, ऐसा दावा किया जाता है कि आधुनिक जैव-प्रौद्योगिकी (बायो-टेक्नॉलॉजी), पारम्परिक कृषि के ज्ञान का विस्तार और उसका बेहतर रूप है; आधुनिक ऐलोपैथी भी 'अनगढ़', पारम्परिक औषधि से विकसित हुई है; और आधुनिक सिविल इंजीनियरिंग पारम्परिक ढाँचों के आगे 'तरक़्क़ी' का एक उदाहरण है। यह समझना महत्त्वपूर्ण है कि पाठ्यपुस्तक में जो विज्ञान है, वह केवल एक तरह का विज्ञान है। यह जानना भी ज़रूरी है कि सार्वभौमिक सिद्धान्तों को इतना महत्त्व देने से हम प्रकृति की ख़ूबसूरत जटिलताओं को नज़रअन्दाज़ कर सकते हैं कि विज्ञान चीज़ों को सरलीकृत करने और उन्हें अपने अनुसार बदलने, निष्कर्षण पर केन्द्रित कर सकता है। लेकिन यह पृथ्वी के प्रति हमारा विस्मय भाव भी बढ़ा सकता है और उससे हमारा नाता भी और इसका उपयोग पृथ्वी के साथ लेन-देन का एक स्वस्थ रिश्ता बनाने में भी किया जा सकता है। हालाँकि विज्ञान के इतिहास में उतार-चढ़ाव रहे हैं, फिर भविष्य में धरती के साथ सामंजस्य से रहने की हमारी यात्रा में इसकी कुछ भूमिका हो सकती है। उसी तरह, यह समझना भी ज़रूरी है कि पारम्परिक ज्ञान प्रकृति के साथ हमारे रिश्ते को बनाए रखने में मददगार हो सकता है, लेकिन इसमें कई बार उस व्यापक नज़रिए का अभाव होता है जो वैश्विक परिघटनाओं को समझने के लिए ज़रूरी होता है। यह भी हो सकता है कि इसका ग़लत अर्थ लगा लिया जाए या ग़लत सन्दर्भ में उपयोग किया जाए। उदाहरण के लिए, लोग कुछ पारम्परिक भोजन के फ़ायदों पर ज़रूरत से ज़्यादा जोर देते हैं या हर्बल दवाओं (जड़ी-बूटियों) को ऐलोपैथिक दवाओं के आसान विकल्प की तरह उपयोग करते हैं। तो हम दोनों का ही या यूँ कहें, सभी का सर्वोत्तम लाभ कैसे उठा सकते हैं?



चित्र-3 : यह मरुदम में वृद्धि का कॉन्सेप्ट मैप है। हर अन्तर्सम्बन्ध को दिखाना सम्भव नहीं है, लेकिन एक मोटा नक्शा यहाँ दिया गया है।

सन्दर्भ की समझ का विकास

विज्ञान के बहुत से नज़रियों को एक साथ लाने के अलावा, विज्ञान को उसके उपयुक्त सन्दर्भ में रखकर देखना भी महत्त्वपूर्ण है। ऐसा करने के लिए हमें अक्सर विज्ञान के इतिहास और समाजशास्त्र में जाना पड़ता है। किसी खोज या प्रौद्योगिकी के विकसित होने के ऐतिहासिक सन्दर्भ को जानना महत्त्वपूर्ण हो जाता है। जिन वैज्ञानिकों ने या अन्य लोगों ने इस ज्ञान के भण्डार में योगदान दिया उनकी प्रेरणा और मन्तव्य के बारे में बात करना। अन्य तरह के ज्ञान या जानकारी के बारे में और जानकारी रखने वाले से बात करना है। जब हम विज्ञान में यह कहते हैं कि 'हम दिग्गजों के कन्धों पर खड़े हैं' तो हम अक्सर यह स्वीकारना भूल जाते हैं कि ये दिग्गज विज्ञान के नहीं बल्कि ज्ञान की अन्य स्वदेशी प्रणालियों से हैं। उदाहरण के लिए, फ़सलों की विपुल विविधता जो कि आधुनिक कृषि की बुनियाद है, दस हज़ार से भी ज़्यादा सालों में स्थानीय ज्ञान का परिणाम है। इसी तरह, हमारी अधिकांश वर्तमान औषधीय जानकारी, स्थानीय

ज्ञान की प्रणालियों और उनके अभ्यास से प्राप्त हुई है। पारम्परिक और वैकल्पिक प्रणालियों के चिकित्सकों के साथ संवाद/बातचीत करने से हम इन बातों को बेहतर समझ सकते हैं। इस कारण से हम अक्सर अलग-अलग क्षेत्रों के विशेषज्ञों को उनका नज़रिया साझा करने के लिए स्कूल बुलाते हैं। इनमें आयुर्वेदिक तथा होम्योपैथिक डॉक्टर, ऐलोपैथिक डॉक्टर जो अपने काम को लेकर ज़्यादा सचेत हैं, वन संरक्षण कार्यकर्ता, समलैंगिक (queer) कार्यकर्ता, वास्तुशास्त्री जो कि पारम्परिक और वैकल्पिक तरीक़ों का उपयोग करते हैं, किसान जो फ़सलों की पारम्परिक क़िस्मों का प्रयोग करते हैं, जैविक किसान तथा और भी बहुत-से ऐसे लोग शामिल हैं।

विज्ञान के समाजशास्त्रीय पहलू के साथ लगातार काम करना भी ज़रूरी है। उदाहरण के लिए, रासायनिक उर्वरकों, जो 'हरित' क्रान्ति के साथ आए, के उपयोग पर चर्चा में काफ़ी समाजशास्त्री सूत्र शामिल हो सकते हैं। एक सूत्र है हेबर बॉश प्रक्रिया — जिससे कृत्रिम विधियों से नाइट्रोजन का स्थिरीकरण किया जा सकता है — शस्त्रास्त्र (युद्ध) में प्रगति में से उभरी थी। एक और सूत्र है - मिट्टी में पाए जाने वाले सूक्ष्मजीवों और आँत के स्वास्थ्य के बीच के सम्बन्ध को हाल ही में हुए शोध ने माना है, लेकिन उसे महत्त्व नहीं दिया जा रहा। तीसरा सूत्र है दुनिया की बढ़ती आबादी और उसके लिए भोजन की ज़रूरतों के चलते, वर्तमान समय में उर्वरकों की ज़रूरत और दुनिया भर में मिट्टी की स्थिति। इसी से सम्बन्धित हैं मिट्टी की *टिल्थ,* या उसकी ऊपरी सतह की स्थिति का महत्त्व जो जैविक किसान पौधों के बढ़ने के लिए अहम मानते हैं, या देशी/ स्थानीय लोगों (जैसे महाराष्ट्र के वर्ली समुदाय और भास्कर सावे जैसे किसानों) द्वारा रासायनिक उर्वरकों के साथ प्रयोग करना और उन्हें अस्वीकार कर देना। फलस्वरूप, इससे आस-पड़ोस में, रासायनिक उर्वरकों के उपयोग पर चर्चा हो सकती है और स्थानीय किसानों और कृषि दुकानदारों का साक्षात्कार किया जा सकता है।

अवधारणाओं का जाल

विविध नज़रियों के इस मुद्दे से हटकर देखें, तो विज्ञान का पाठ्यक्रम बहुत बड़ा है। हमें इस बात की सावधानी बरतनी होगी कि इससे पहले कि हम बच्चों पर अवधारणाओं को लादते जाएँ, उनके पास अनुभव की अच्छी नींव हो जिससे वे अवधारणाओं को आत्मसात कर सकें। विज्ञान के अलग-अलग हिस्से आपस में गुँथे हुए हैं और एक-दूसरे पर निर्भर हैं, तो विज्ञान की किसी भी अवधारणा को समझाते समय अक्सर 10 और अवधारणाएँ सामने आ जाती हैं। उदाहरण के लिए, कोशिकीय श्वसन रासायनिक अभिक्रियाओं पर आधारित है। रासायनिक अभिक्रियाएँ मोल, संयोजकता और आबन्धन की अवधारणाओं पर आधारित हैं। यह बोर के परमाणु मॉडल पर निर्भर करता है और इस मॉडल को समझने के लिए विकिरण से परिचित होना ज़रूरी है। यह सिलसिला यूँही अन्तहीन चलता रह सकता है। साथ-ही-साथ, कोशिकीय श्वसन को समझना कोशिकाओं को समझने पर भी आधारित है। इसके लिए सूक्ष्मदर्शन (microscopy) को अनुभव करना और समझना ज़रूरी है, जो ख़ुद ऑप्टिक्स या प्रकाशिकी की अवधारणा पर केन्द्रित है। प्रकाशिकी काँच के गुणधर्मों पर आधारित है और इसी तरह यह क्रम चलता जाता है। ये अन्तर्सम्बन्ध लगभग अनन्त हैं। इन अन्तर्सम्बन्धों के जाल के कारण ऐसा हो सकता है कि बच्चा विज्ञान को पसन्द करने लगे और एक ऐसे सफ़र पर चल पड़े, जो बढ़ते-बढ़ते तेज़ गति पकड़ ले, या विज्ञान से सम्बन्ध न बैठा पाए और वह उसे और भी अमूर्त और काल्पनिक लगने लगे।

इन अन्तर्सम्बन्धित अवधारणाओं की समस्या का समाधान करने के लिए, अक्सर पाठ्यक्रम को पुनर्व्यवस्थित करने से मदद मिलती है। यह करना सम्भव होता जब हम किसी जगह के बच्चों के समृद्ध अनुभवों की मदद लेते हुए कुछ विषयों के हिसाब से ऐसा करें। (**चित्र-2** देखें)। उदाहरण के लिए, खाद्य-जाल की अवधारणा कई अवधारणाओं के बीच एक पुल की तरह काम करती है। जैसे पौधे, हमारा शरीर, कृषि, पोषक तत्वों और ऊर्जा के चक्र। लेकिन जो हम पूरी तरह नहीं देख पाते हैं वह है कि बच्चों के समृद्ध अनुभव इन्हें समझने में बहुत मददगार होते हैं। ये अनुभव हैं बग़ीचों और नर्सरी में काम करने वाले बच्चों के, मूँगफली, तिल और चावल की कटाई में मदद करने वालों के, पेड़-पौधों को पानी देने वालों के, गाय, चूज़ों, जंगली चिड़ियों और कुत्तों के साथ मदद करने वालों के, नियमित पास के जंगलों में घूमने वालों, जंगली फल तोड़ने वालों, लेंस और सूक्ष्मदर्शी का उपयोग करते हुए सब्ज़ी के बग़ीचों में कीड़ों और चिड़ियों का अवलोकन करने वालों, कम्पोस्टिंग और कम्पोस्ट टॉयलेट का रख-रखाव करने वालों, स्कूल में दोपहर के भोजन के लिए रसोई में मदद करने वालों, ख़ासकर सलाद के बनाने में, बेकिंग आदि करने वालों के अनुभव भी हैं (**चित्र-3** देखें)। अगर यह ज़मीनी काम ठीक से हो पाता है, तो कई सारी अधिक अमूर्त अवधारणाओं, जैसे गैया सिद्धान्त, ऊर्जा, थर्मोडाइनैमिक्स, इक्विलिब्रिअम, कोशिकीय श्वसन तक भी पहुँचा जा सकता है। फिर हम इन अवधारणाओं को अन्य दिशाओं में **पुल बनाने** के लिए इस्तेमाल कर सकते हैं। जैसे 'ऊर्जा' विषय को किसी इमारत के ऊपर लगे सौर पैनल से जोड़ना, पंखे और लाइट में बह रहे विद्युत के प्रवाह से जोड़ना, हवा की गति और बारिश को नापने से लेकर साइकिल कैसे काम करती

है और कुम्हार की चाक तक।

फिर आते हैं बड़े सवाल। जैसे, क्या यह ऊर्जा सभी सन्दर्भों में एक-सी है? इसमें क्या अन्तर है? इसी तरह, अन्य मुख्य अवधारणाओं का प्रयोग विविध अनुभवों के बीच पुल बनाने के लिए किया जा सकता है, जैसे वृद्धि या जीवन चक्र या शरीर की गति।

चलते-चलते

हालाँकि मरुदम में प्रयोग किये जा रहे कुछ तरीक़ों को साझा करने का हमने प्रयास किया है, यहाँ और भी बहुत कुछ साझा करने को है जो हम हर बच्चे के व्यक्तिगत और सामूहिक सीखने के सफ़र में देखते हैं। इन 'एकीकरण के अनुभवों' को व्यक्त करना हमारे लिए एक चिन्तनशील प्रक्रिया रही है और उम्मीद है कि अन्य प्रैक्टिश्नर (कार्यकर्ताओं) के लिए भी इन्हें पढ़ना रुचिकर होगा।

मुख्य बिन्दु



- जब व्यवहारिक शिक्षण की बात करते हैं, तो एक बड़ा सवाल होता है कि वैश्विक क्या है और स्थानीय क्या है। अपने स्थानीय परिदृश्य और स्थानीय जानकारी को समझना और उसी के हिसाब से शिक्षण को विकसित करना बहुत महत्त्वपूर्ण है। तो अगर, बरसात, रागी और बड़े तालाब आपके स्थानीय परिदृश्य का हिस्सा हैं और ताड़ के पत्तों से सामान बनाना, पशु-पालन और मिट्टी के बर्तन (पॉटरी) बनाना स्थानीय कौशल हैं, तो सीखने-सिखाने की प्रक्रिया इन्हीं के इर्द-गिर्द नियोजित की जानी चाहिए।
- विज्ञान-आधारित जानकारी को सही सन्दर्भ में एक्सप्लोर करना और समझना ज़रूरी है — उसके इतिहास और राजनीति के हिसाब से और हर बच्चे के सहज ज्ञान के हिसाब से। यह इसलिए कि विज्ञान बच्चों पर हावी न हो जाए बल्कि अच्छी शिक्षा के लिए एक माध्यम बन पाए।
- अन्ततः, हम अनुभव और अवधारणाओं के बीच जितने पुल बनाएँगे उतनी ही सार्थक हमारी शिक्षा होगी। इसके लिए, अनुभव समृद्ध होने चाहिए और पुल बनाने के लिए पर्याप्त समय देना होगा।

पूर्णिमा अरुण मरुदम स्कूल की फ़ाउण्डर सदस्य हैं और प्रधान शिक्षक भी। वे स्कूल संचालन के सभी पहलुओं में शामिल हैं, चाहे वह पाठ्यक्रम निर्माण हो, चाहे शिक्षक प्रशिक्षण, चाहे प्रशासनिक काम। पिछले 8 सालों से वे वार्षिक हस्तकला सप्ताह का आयोजन भी कर रही हैं। इस दौरान सभी जगहों से पारम्परिक शिल्पकार और कारीगर आते हैं और विभिन्न स्कूलों के बच्चों को यह कौशल सिखाते हैं। पिछले 7 वर्षों से वे ऑल्टरनेटिव एजुकेशन नेटवर्क (वैकल्पिक शिक्षण नेटवर्क) की सदस्य हैं और 3 साल पहले तमिलनाडु में इसे शुरू करने में उनकी अहम भूमिका रही है।

निशान्त गत कुछ वर्षों से निशान्त शिक्षण के बारे में सीख रहे हैं, अधिकतर मरुदम स्कूल में ही और गर्मियों में नेपाल स्थित मार्फ़ा फ़ाउण्डेशन में। उनकी रुचि जितनी विज्ञान में है, उतनी ही बाग़वानी और जंगलों में भी। उनके लिए चुनौतीपूर्ण होता है सामूहिक सीखने के अवसर देते हुए, इन्हें एक साथ लाना। सामुदायिक जीवन के सन्दर्भ में सामंजस्यपूर्ण जीवन कैसे बनाया जाए, इस ओर भी उनका गहरा रुझान है। **अनुवाद :** शिवानी बजाज



विज्ञान शिक्षा में स्थानीय सन्दर्भों से पानी की पड़ताल

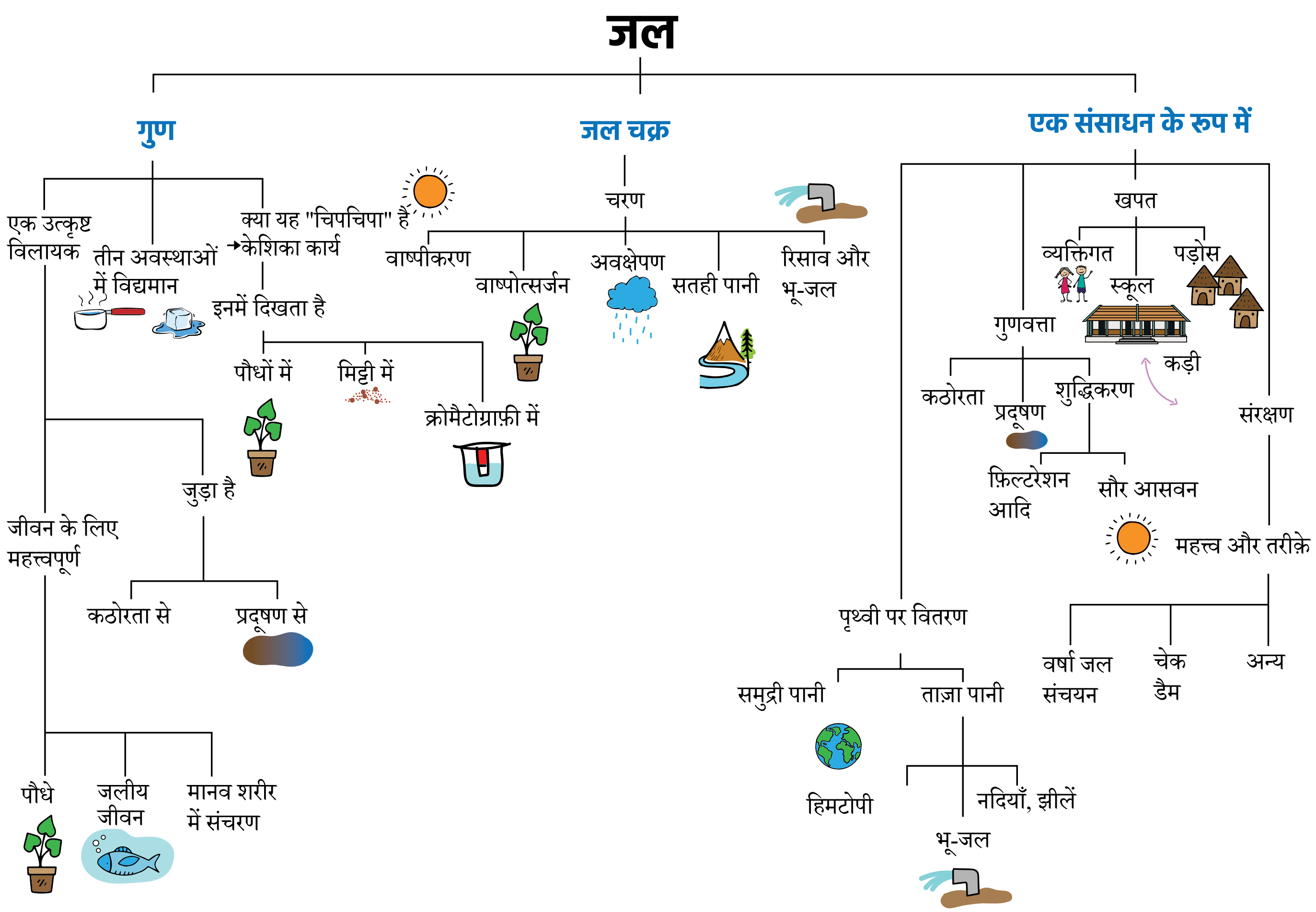
कविता कृष्ण

एक विषय के रूप में 'पानी' हमें विज्ञान की मूलभूत अवधारणाएँ सीखने और प्राकृतिक घटनाओं का अध्ययन करने के तमाम अवसर मुहैया कराता है। सवाल यह है कि हम बच्चों के निजी अनुभवों को और महत्त्वपूर्ण पर्यावरणीय मुद्दों को पानी के विषय से कैसे जोड़ें? इस लेख में ऐसे ही एक प्रयास का विवरण है जो एक ग्रामीण मिडिल स्कूल की कक्षाओं में किया गया था।

शिक्षकों को 11-12 साल के ऊर्जावान बच्चों को विज्ञान पढ़ाना जहाँ चुनौती देता है, वहीं उन्हें एक अवसर भी देता है। सिलेबस[1] चाहे हमें यह बताता हो कि उन्हें क्या-क्या आना चाहिए; लेकिन हम उसे जीवन्त बनाएँ कैसे? हम बच्चों को यह कैसे सिखाएँ कि वे विज्ञान के प्रयोग के ज़रिए प्राकृतिक घटनाओं की छान-बीन कर सकें? पाठ्यपुस्तक के किसी विषय का सम्बन्ध उनके अपने स्थानीय पर्यावरण से करने के काम में उनकी मदद हम कैसे करें? इन सवालों ने 'पानी' के विषय को खँगालने को लेकर मेरे उस तरीक़े (**देखें यूनिट प्लान शीट**) को रेखांकित किया जिसे मैंने पाँच हफ़्तों तक आन्ध्र प्रदेश के सूखा-पीड़ित ज़िले में स्थित एक स्कूल में अपनाया। मेरे विद्यार्थी, आसपास के गाँवों और टोलों से आते थे। उनके माता-पिता सीमान्त किसान, पशुपालक या छोटे-छोटे ग्रामीण कारोबारी थे। ज़्यादातर विद्यार्थी अपने समुदायों की उस पहली पीढ़ी के थे, जो माध्यमिक शालाओं तक पहुँची थी। भारत के अनेक ग्रामीण इलाक़ों की तरह ही, इन स्थानीय समुदायों को भी अपने प्राकृतिक परिवेश का अन्तरंग ज्ञान था, लेकिन औपचारिक विज्ञान शिक्षा को लेकर उनका स्तर काफ़ी कम था।

कक्षा में अध्ययन

शुरुआत मैंने विद्यार्थियों द्वारा अब तक सीखी गई जल सम्बन्धी अवधारणाओं की थाह लेने से की। मसलन, मेरे विद्यार्थी अपने पिछले पाठों में मिश्रणों और घोलों का अध्ययन कर चुके थे और विभिन्न पदार्थों की घुलनशीलता की जाँच-परख भी वे कर चुके थे। इसके अलावा, मिश्रणों से पानी अलग करने के विभिन्न तरीक़े भी उन्होंने सीखे थे और कैपिलरी एक्शन/केशिका क्रिया का ज्ञान भी उन्हें था। पदार्थ की तीन अवस्थाओं (ठोस, तरल और गैस) से भी वे वाक़िफ़ थे और पौधों में से



चित्र-1 : 'पानी' की अवधारणा के इस मानचित्र से शिक्षक को पाठ्यक्रम के भीतर परस्पर जुड़ाव दिख सकते हैं। इससे एक विषय के इर्द-गिर्द पाठ नियोजन में भी मदद मिल सकती है। उपरोक्त जल मानचित्र से इस इकाई के नियोजन में मदद मिली।

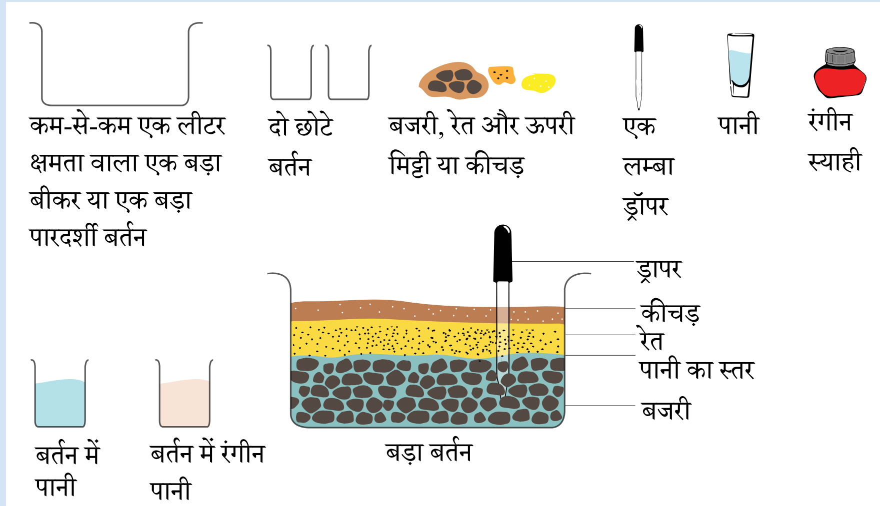
जलवाष्प का निकास यानी वाष्पोत्सर्जन भी वे देख चुके थे (**चित्र-1**)। उनके द्वारा अब तक अर्जित ज्ञान की समीक्षा पानी के चक्र और उसकी गुणवत्ता के अध्ययन के लिए एक अच्छा शुरुआती बिन्दु रहा।

कक्षा में चर्चा व प्रस्तुतियों के ज़रिए हमने जल चक्र की जाँच-पड़ताल की। अवक्षेपण (वर्षण), वाष्पीकरण, वाष्पोत्सर्जन और अन्तःस्रवण (रिसाव) के बारे में ज्ञानार्जन के चलते हमारी चर्चा इस बिन्दु पर पहुँची कि पानी कैसे लगातार अपनी 'अवस्था' बदल-बदल कर हमारे पृथ्वी के इर्द-गिर्द घूमता है।

रिसाव की अवधारणा से चर्चा उस क्षेत्र में पानी के मुख्य स्रोत (भू-जल) पर चली गई। विद्यार्थियों को इस बात का भान अच्छे से था कि भू-जल के गिरते स्तर के चलते स्थानीय समुदायों व उनकी आजीविकाओं पर भारी संकट के बादल मण्डरा रहे थे। मैंने एक साधारण मॉडल के द्वारा यह दर्शाया कि किस तरह पानी मिट्टी में से रिस-रिस कर जलीय चट्टानी परतों में जमा होता रहता है और फिर कैसे हम नलकूपों द्वारा इस पानी को निकालते हैं (**बॉक्स-1**)। बस फिर क्या था, कक्षा में भू-जल पर अच्छी–ख़ासी बहस छिड़ गई। विद्यार्थी ऐसे सवाल पूछने लगे - *"भू-जल केवल कुछ ही जगहों पर क्यों मिलता है, अन्य जगहों पर क्यों नहीं? क्या जलद्रष्टा (वॉटर डिवाइनर) को पता होता है कि पानी कहाँ खोजा जाना चाहिए? ज़मीन के नीचे पानी कितनी गहराई तक जाता है – ज़मीन के नीचे क्या एक समन्दर जैसा है? हर साल पीने योग्य पानी निकालने के लिए हमें ज़मीन में और गहरे नलकूप क्यों खोदने पड़ते हैं?"*

एक और जाना-पहचाना व प्रासंगिक आयाम जिस पर हमने बातचीत की, वह था - पानी की गुणवत्ता। मेरे ज़्यादातर विद्यार्थियों ने अपने बुज़ुर्गों को पानी में 'नमक' के बढ़ते स्तरों का हवाला देते हुए सुना था। यही नहीं, उन्होंने पानी उबालने वाले अपने बर्तनों में सफ़ेद अवक्षेप भी देखा था। अब जाकर वे समझ पाए कि नलकूपों का पानी अनेक पदार्थों का एक मिश्रण होता है। प्रयोग के द्वारा यह दिखाने से कि आसवित (मीठे) पानी में खारे पानी के मुकाबले ज़्यादा झाग बनता है, चर्चा

बॉक्स-1 : एक सरल भू-जल मॉडल बनाना



भू-जल मॉडल बनाना

भू-जल के स्रोत और जलवाही चट्टान/ जलभर (aquifer) में इसके जमा होने की व्याख्या एक सरल मॉडल के द्वारा की जा सकती है। इसी मॉडल से यह भी दर्शाया जा सकता है कि नलकूप किस तरह जलभर से पानी खींचते हैं और यह भी कि भू-जल एक साझा संसाधन है। साथ ही, इसके द्वारा यह भी दिखाया जा सकता है कि किस प्रकार प्रदूषक जलभरों को दूषित करते हैं। यही नहीं, इसके द्वारा हम भू-जल के संरक्षण व उसे रीचार्ज करने के तरीक़ों पर चर्चा भी कर सकते हैं।

आवश्यक सामग्री

- कम-से-कम एक लीटर क्षमता वाला एक बड़ा बीकर या एक बड़ा पारदर्शी बर्तन
- दो छोटे बर्तन
- एक लम्बा ड्रॉपर
- बजरी, रेत और ऊपरी मिट्टी या कीचड़
- रंगीन स्याही
- पानी

मॉडल बनाना

1. बड़े पारदर्शी बर्तन के पेंदे में बजरी की 8-7 सेमी गहरी परत बनाएँ।
2. अब इस बजरी पर तब तक पानी डालें जब तक कि इसका लेवल बर्तन के पेंदे से कोई 2 सेमी ऊपर तक न चढ़ जाए। हमारे इस मॉडल में यह भू-जल का प्रतिनिधित्व करता है।
3. अब लम्बे ड्रॉपर या स्ट्रॉ या नली को बजरी के अन्दर इस तरह डालें कि उसका मुँह पानी में डूबा रहे।
4. अब बजरी की परत के ऊपर रेत की लगभग 4 सेमी गहरी परत डालें। यह सुनिश्चित रखें कि ड्रॉपर या स्ट्रॉ सीधी तनी रहे।
5. अब रेत की इस परत पर ऊपरी मिट्टी (टॉपसॉइल) की 2 सेमी मोटी परत चढ़ाएँ।
6. हमारे इस मॉडल में सबसे निचली परत का पानी और बजरी, जलभर दर्शाते हैं। रेत और मिट्टी, ऊपरी मिट्टी की वे परतें हैं जिनके भीतर से पानी रिसता है। ड्रॉपर एक बोरवेल/ नलकूप है। बर्तन का पेंदा और वह टेबल जिस पर वह बर्तन रखा है, बेडरॉक (जल स्रोत का पेंदा) दर्शाते हैं।
7. अब सादे पानी से भरा एक छोटा बर्तन तैयार रखें। यह बारिश से प्राप्त सतही पानी दर्शाता है।
8. अब पानी से भरे एक और छोटे बर्तन में स्याही की कुछ बूँदें डालें। इस रंगीन पानी के बर्तन को भी अपने पास रखें। यह पानी जलप्रदूषकों को दर्शाता है।

जलभर क्या है

इस चरण में हम अपने मॉडल में मिट्टी की अलग-अलग परतों पर ध्यान देंगे कि इसका हर एक हिस्सा क्या दर्शाता है। अगर विद्यार्थियों ने भी मृदा का अध्ययन किया है वे इससे परिचित होंगे। उदाहरण के लिए, मॉडल में :

- सबसे ऊपरी परत उपरि-मृदा (टॉपसॉइल) को दर्शाती है। यह उपजाऊ परत होती है जिसमें घास और छोटे पौधे उगते व विकसित होते हैं।
- हमारे इस मॉडल में बजरी और रेत की परतें, वास्तव में टॉपसॉइल के नीचे की अपक्षरित चट्टान की पारगम्य परतें हैं। बड़े-बड़े पेड़ों की जड़ें इन परतों तक भी जा सकती हैं। इन परतों के बीच ऐसी जगह होती हैं जो रिसते वर्षा जल को थाम सकती है। मिट्टी और चट्टान की इसी परत में एकत्रित पानी को हम जलभर कहते हैं। यहीं से हम अपना भू-जल निकालते हैं।
- बर्तन का पेंदा उस आधारशिला को दर्शाता है जो एक अपारगम्य चट्टानी परत होती है। इस आधारशिला में से पानी रिस नहीं सकता।
- ड्रॉपर, बोरवेल/ नलकूप का प्रतिनिधित्व कर रहा है।

एक नलकूप के द्वारा भू-जल किस तरह से ऊपर चढ़ाया जाता है

एक ड्रॉपर से थोड़ा-सा पानी ऊपर खींचें। एक नलकूप पर लगे पम्प से पानी बाहर निकालते समय आप जलभर में से भू-जल खींच रहे होते हैं।

सतही पानी से किस तरह जलभर रीचार्ज होते हैं

- दर्शाएँ कि किस तरह भू-जल रीचार्ज होता है। मॉडल की सबसे ऊपरी परत को अस्त-व्यस्त किए बिना उसके ऊपर बीकर में से थोड़ा साफ़ पानी धीरे-धीरे डालें। विद्यार्थियों को देखने दें कि किस तरह पानी नीचे रिसता है और जलभर में पानी का स्तर ऊपर चढ़ता जाता है।
- इस बात पर चर्चा करें कि किस तरह बरसाती पानी मिट्टी की परतों को भिगोता हुआ नीचे जलभर में पहुँचता है। इसे ही रीचार्ज कहते हैं। पानी के रिसने और परिणामस्वरूप, जलभर में पानी का स्तर बढ़ने में समय लग सकता है। आसपास की जलधाराओं, नदियों और तालाबों के रिसते पानी से भी जलभर का रीचार्ज हो सकता है।

जलभर का प्रदूषित होना

- दर्शाएँ कि किस तरह प्रदूषक जलभर को दूषित कर सकते हैं। रंगीन पानी उद्योगों से निकलने वाले ज़हरीले द्रवों या कीटनाशकों का प्रतिनिधित्व करता है। मिट्टी को हिलाए-डुलाए बिना उसकी सतह पर थोड़ा रंगीन पानी डालें। अब इस रंगीन पानी को (हमारे मॉडल वाले) जलभर के अन्दर रिसने दें। विद्यार्थियों को दिखाएँ कि जलभर के पानी का रंग किस तरह बदलता है।
- समझाएँ कि किस तरह पृथ्वी की सतह पर मौजूद प्रदूषक मिट्टी के अन्दर रिस-रिस कर भू-जल को प्रदूषित कर सकते हैं। इन प्रदूषकों में फैक्टरियों से निकलने वाले तरल पदार्थ, कीटनाशक और खेतों के उर्वरक तथा घरों से निकलने वाला दूषित पानी आदि शामिल हो सकते हैं।

चर्चा के लिए सवाल

- नलकूप सूख क्यूँ जाते हैं?
- भू-जल क्या एक सीमित या असीमित संसाधन है? क्यों?

- जलभर को हम कैसे रीचार्ज कर सकते हैं? क्या आप में से किसी ने अपने पड़ोस में जलभर की रीचार्जिंग करने की कोशिश होते देखी है?
- भू-जल का संरक्षण और प्रबन्धन हम कैसे कर सकते हैं?
- क्या आपको लगता है कि आपके पड़ोस में भू-जल को प्रदूषित करने वाले प्रदूषक मौजूद हैं? और अगर हैं तो उन प्रदूषकों के स्रोत क्या-क्या हैं?
- प्रदूषित भू-जल के क्या दुष्प्रभाव हो सकते हैं?
- भू-जल के एकबारग़ी प्रदूषित होने के बाद क्या हम आसानी से उसे साफ़-स्वच्छ कर सकते हैं? क्यों?

पानी की कठोरता पर हो चली। हमने एक साधारण सौर जल आसवक बनाया और देखा कि पानी से लवण और अन्य अशुद्धियाँ किस तरह अलग की जा सकती हैं।

कुछ विद्यार्थियों ने पानी के 'स्वामित्व' और अधिकारों को लेकर सवाल उठाए, जैसे कि, *"अगर हमारा पड़ोसी पम्प चलाकर अपने नलकूप से ख़ूब सारा पानी ऊपर उठाता है तो क्या हमारा नलकूप सूख जाएगा? हम किस तरह भू-जल की न्यायपूर्वक साझेदारी कर सकते हैं?"* ऐसे सवालों से हमारी चर्चा इन मुद्दों की तरफ़ मुड़ गई कि उनके हर गाँव में पानी का इस्तेमाल कैसे हो रहा था और सामुदायिक

बॉक्स-2 : जल उपयोग सर्वेक्षण

जल संसाधनों के प्रभावी प्रबन्धन प्रक्रिया में पहला बुनियादी क़दम यह समझना है कि हम पानी का इस्तेमाल कैसे कर रहे हैं। पानी किस तरह से इस्तेमाल किया जा रहा है, इस जानकारी का शोध और विश्लेषण जल संरक्षण के प्रति विद्यार्थियों को और जागरूक बना सकता है।

पानी की व्यक्तिगत खपत के अलावा विद्यार्थी सामुदायिक स्तर पर खपत की जानकारी भी ले सकते हैं। ये कुछ गतिविधियाँ हैं जिन्हें विद्यार्थी बड़ों की थोड़ी-बहुत मदद से अपने स्कूल और पड़ोस में कर सकते हैं।

स्कूल जल सर्वेक्षण

स्कूल में पानी की खपत की जाँच विद्यार्थी इन अलग-अलग तरीक़ों से कर सकते हैं :

- विद्यार्थी अपने छोटे-छोटे समूह बना कर आपूर्ति, भण्डारण व संरक्षण जैसे पानी खपत से जुड़े विभिन्न आयामों की पड़ताल कर सकते हैं। यह काम वे स्कूल के आसपास पानी की टंकियों, वर्षा जल संचयन प्रणालियों और पानी के मीटरों आदि की जाँच और सम्बन्धित स्टाफ़ से बातचीत के द्वारा भी कर सकते हैं। इसके बाद, वे अपने जाँच-परिणाम पूरी कक्षा के साथ साझा कर सकते हैं।
- इसके अलावा, आप स्कूल की पानी सप्लाई का प्रबन्धन करने वाले कर्मचारियों को कक्षा में आमंत्रित कर सकते हैं ताकि वे विद्यार्थियों के साथ पानी की सप्लाई , उसके उपयोग और भण्डारण पर संवाद कर सकें।

विद्यार्थी इन सवालों के जवाब ढूँढ़ सकते हैं —

1. स्कूल में पानी किन-किन कामों के लिए ख़र्च किया जाता है?
2. स्कूल में प्रतिदिन कितना पानी ख़र्च होता है?
3. पानी का स्रोत क्या है? क्या पानी के अलग-अलग स्रोत हैं?
4. क्या उपयोग में लाने से पहले पानी का शुद्धिकरण होता है? अगर हाँ, तो यह शुद्धिकरण किन तरीक़ों से किया जाता है?
5. पानी का भण्डारण कहाँ किया जाता है? स्कूल में कितना पानी भण्डारित किया जा सकता है?
6. क्या स्कूल में जल संरक्षण के कोई उपाय किए जाते हैं और ये उपाय कौन-से हैं?
7. क्या हम स्कूल में जल संरक्षण के अन्य उपायों के बारे में सोच सकते हैं?

पास-पड़ोस का पानी सर्वेक्षण

विद्यार्थी अपने स्थानीय स्तर का एक जल सर्वेक्षण कर सकते हैं ताकि वे यह जान सकें कि उनके पड़ोस में पानी की सप्लाई, उसकी खपत और उसकी बचत कैसे होती है। उनके सन्दर्भ के हिसाब से उनका पड़ोस एक गाँव भी हो सकता है या कस्बे की कुछ गलियाँ या शहर का एक अपार्टमेंट परिसर। वे लोग यह काम जल सुविधाओं (कुएँ, नलकूप, स्टोरेज़ टंकियाँ, जल उपचार प्रणालियाँ, वर्षाजल संचयन प्रणालियाँ आदि) की पड़ताल और वयस्कों से बातचीत करते हुए शुरू कर सकते हैं। वे अपने निष्कर्षों को एक चार्ट या एक प्रस्तुतिकरण के द्वारा पूरी कक्षा से साझा कर सकते हैं।

विद्यार्थी इन जैसे सवालों के जवाब पा सकते हैं —

1. हमारे गाँव/ पड़ोस में किन-किन तरीक़ों से पानी उपयोग में लाया जाता है? सूची बनाएँ।
2. अपने घर में आपको पानी कहाँ से मिलता है (नल से, गाँव के कुएँ से...)?
3. क्या अलग-अलग उपयोगों के लिए आपके पास अलग-अलग जल स्रोत हैं, जैसे कि पीने का पानी, घरेलू उपयोग के लिए, बग़ीचे/ खेत के लिए? सूची बनाएँ।
4. यदि पानी पाइप या टैंकर से आता है तो क्या आप जानते हैं कि इस पानी का मूल स्रोत क्या है (भू-जल, नदी, तालाब आदि)?
5. क्या आपको इस पानी की क़ीमत चुकानी पड़ती है? यह क़ीमत आप किसे चुकाते हैं? इसकी लागत कितनी है?
6. क्या आपके पास-पड़ोस में स्टोरेज़ टंकियाँ हैं? अगर हाँ तो, कितना पानी इनमें भण्डारित किया जा सकता है? एक निर्धारित समय में वे कितनी बार भरी जाती हैं? उनके प्रबन्धन का प्रभारी कौन है?
7. घर पर उपयोग से पहले क्या आप पानी को साफ़ या उसका उपचार करते हैं? अगर हाँ तो इसका उपचार कैसे किया जाता है?
8. क्या आपके घर पर पहुँचाने से पहले पानी का उपचार या उसे साफ़ किया जाता है? कौन उसे शुद्ध करता है?
9. क्या जल संरक्षण के कोई उपाय किए जाते हैं? वे तरीक़े क्या हैं?
10. क्या अपने पड़ोस में आप जल संरक्षण के कोई और तरीक़े सोच सकते हैं?
11. अपने बड़ों से बात करें और उनसे पता लगाएँ कि पिछले कुछ दशकों में पानी की उपलब्धता और उसका इस्तेमाल किस प्रकार से बदला है।

स्तर पर पानी के स्रोतों का प्रबन्धन व संरक्षण किस तरह किया जा रहा था।

समुदाय से सीखना

चूँकि हम लोग एक अक्सर सूखा पड़ने वाले इलाके में रहते थे इसलिए हम सभी को पानी की कमी का अनुभव बहुत क़रीब से था। इसलिए पानी को लेकर कक्षा में हम जितनी भी चर्चा कर चुके थे, स्थानीय जल स्रोतों की जाँच, उनके उपयोग व संरक्षण जैसे मुद्दे उसी चर्चा का एक सहज विस्तार थे।

सबसे पहले तो हर विद्यार्थी ने अपनी पानी की खपत को लेकर अपना एक व्यक्तिगत लेखा-जोखा (एक्टिविटी शीट) रखना शुरू किया। एक दिन में, अलग-अलग कामों के लिए वे कितना पानी इस्तेमाल करते हैं इसका हिसाब वे रखने लगे और फिर पानी की अपनी इस खपत की तुलना वे अपने सहपाठियों के साथ करते थे। इस तुलनात्मक अध्ययन से वे इस बात के प्रति सचेत हुए कि पानी का उपयोग (या दुरुपयोग) वे कैसे कर रहे थे और कहाँ-कहाँ वे पानी की बचत कर सकते हैं। इसके बाद हमने स्कूल में एक बुनियादी 'पानी सर्वेक्षण' (**बॉक्स-2**) किया। हमने जाँच की कि स्कूल का पानी कहाँ से आता है, उस पानी को कहाँ स्टोर किया जाता है और हर दिन पानी की खपत कितनी होती है। स्कूल में बन रही नई वर्षा जल संचयन प्रणाली को लेकर विद्यार्थियों में बहुत उत्साह था। इसके चलते, समुदाय में पानी के संग्रह व भण्डारण के विभिन्न तरीक़ों को लेकर एक चर्चा शुरू हुई।

'जल सर्वेक्षण' के विचार को उनके समुदायों में भी प्रसारित किया गया। अलग-अलग गाँवों से आने वाले उन विद्यार्थियों ने अपने विभिन्न समूह बनाकर यह काम किया और 'पानी के नक़्शे'बनाए जिनमें उनके गाँव के नलकूपों, उथले कुओं, रिसाव तालाबों और झरनों को दर्शाया गया था। उन्होंने गाँवों में मौजूद ओवरहेड टंकियों और सार्वजनिक नलों जैसी जल भण्डारण व जल वितरण सुविधाओं को दर्ज किया (**चित्र-2**)। उन्होंने अपने घर और गाँव के बड़े-बूढ़ों से भी इस बारे में बात की कि समय के साथ पानी के स्रोतों और उसकी खपत में क्या-क्या बदलाव आए हैं।

इसके बाद, कक्षा में विद्यार्थियों को अपने निष्कर्ष साझा करने के लिए कहा गया। बहुत से विद्यार्थी यह जानकर आश्चर्यचकित थे कि जब उनकी दादी-नानी युवा थे तब नलकूप नाम की कोई चीज़ नहीं होती थी। उन्हें उन स्थानीय झरनों/ नदियों और तालाबों के बारे में पता चला जो अब सूख चुके थे। उन्होंने अपनी पिछली पीढ़ियों से जाना कि सामुदायिक संसाधन जैसे पानी का किन तरीक़ों से प्रबन्धन व उसकी साझेदारी की जाती थी। इस तरह वे उसकी तुलना अपने गाँवों के नलकूपों के वर्तमान निजी स्वामित्व से भी कर सके। अपने बुज़ुर्गों से बातचीत के दौरान उन्हें पता चला कि किस तरह बाजरा (या मोटा अनाज) जैसे कभी प्रचलित रहे वर्षा सिंचित अनाजों का स्थान आज चावल सरीखी पानी की अधिक खपत वाली फ़सलों ने ले लिया है। नतीजतन, इस बात पर गहन बातचीत होने लगी कि नलकूपों के आने से कितनी तरह से खेतिहर काम-काज का स्वरूप बदला है और किस प्रकार पानी की कमी के चलते उनके अपने ही गाँवों में खेती और आजीविकाएँ प्रभावित हो रही हैं।

उनके गाँवों में जल खपत व उसके वितरण के बदलते स्वरूप और उससे उपजी पानी की कमी पर चल रही चर्चा देश और दुनिया भर में व्याप्त इसी मुद्देपर पहुँच गई। मिसाल के तौर पर, हम लोगों ने नक़्शों के सहारे भारत में मीठे पानी के स्रोतों को चिह्नित किया और बात की कि आख़िर ये क्यों दुर्लभ होते जा रहे हैं और किन-किन तरीक़ों से इनका प्रबन्धन करते हुए इन्हें संरक्षित किया जा सकता है।

सीखने से अमल में लाने तक

कक्षा में जब पानी के उपयोग पर अध्ययन जारी था, उसी समय हम लोगों ने स्कूल परिसर में जल संरक्षण के और तरीक़े खोजने शुरू कर दिए। ऐसे में आँगन-सागबाड़ी/ किचन गार्डन बना कर रसोई और स्नानागार से निकलने वाले अपेक्षाकृत साफ़ पानी के पुनरुपयोग से आँगन में सब्ज़ियाँ उगाने का आइडिया विद्यार्थियों को ख़ूब पसन्द आया। स्कूल के इर्द-गिर्द मटमैले पानी के सुलभ स्रोतों की तलाशी के बाद, हमने डाइनिंग हॉल में हाथ व बर्तन धुलाई के बाद के अपशिष्ट जल को फिर से इस्तेमाल करने का निर्णय लिया। एक प्लास्टिक पाइप के द्वारा उस मटमैले पानी को पास के एक छोटे-से प्लॉट में ले जाने का बन्दोबस्त किया गया। कई शामें बिताकर विद्यार्थियों और अध्यापकों ने ज़मीन के उस टुकड़े की सफ़ाई की, उसकी मिट्टी तैयार की और पानी के बहाव के लिए नालियाँ खोदीं (**चित्र-3**)।

विद्यार्थियों के छोटे-छोटे समूहों ने अलग-अलग क्यारियों की ज़िम्मेदारी ली। उन्होंने तय किया कि वे अपनी क्यारियों में कौन-सी सब्ज़ियाँ लगाएँगे। अपने-अपने घरों से बीज लाकर, उन्होंने बड़े शौक़ से ये बीज बोए और बड़े उत्साह से अपनी क्यारियों की देखभाल की। हर भोजन के बाद वे दौड़ कर जाते यह देखने के लिए कि 'उनके' पौधों को पानी मिला कि नहीं। कुछ शुरुआती बहसों के बाद, वे अपने द्वारा बनाए गए 'बाँधों व नहरों' की सुघड़ प्रणाली के ज़रिए इस मटमैले पानी की 'उचित' साझेदारी को निर्धारित कर पाए।

कुल मिलाकर, यह किचन गार्डन, पानी, मिट्टी, पौधों और खेतीबाड़ी के कार्यों से सम्बन्धित अनेक जीवन्त बहसों का कार्यस्थल बन गया। विद्यार्थी सवाल

शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है

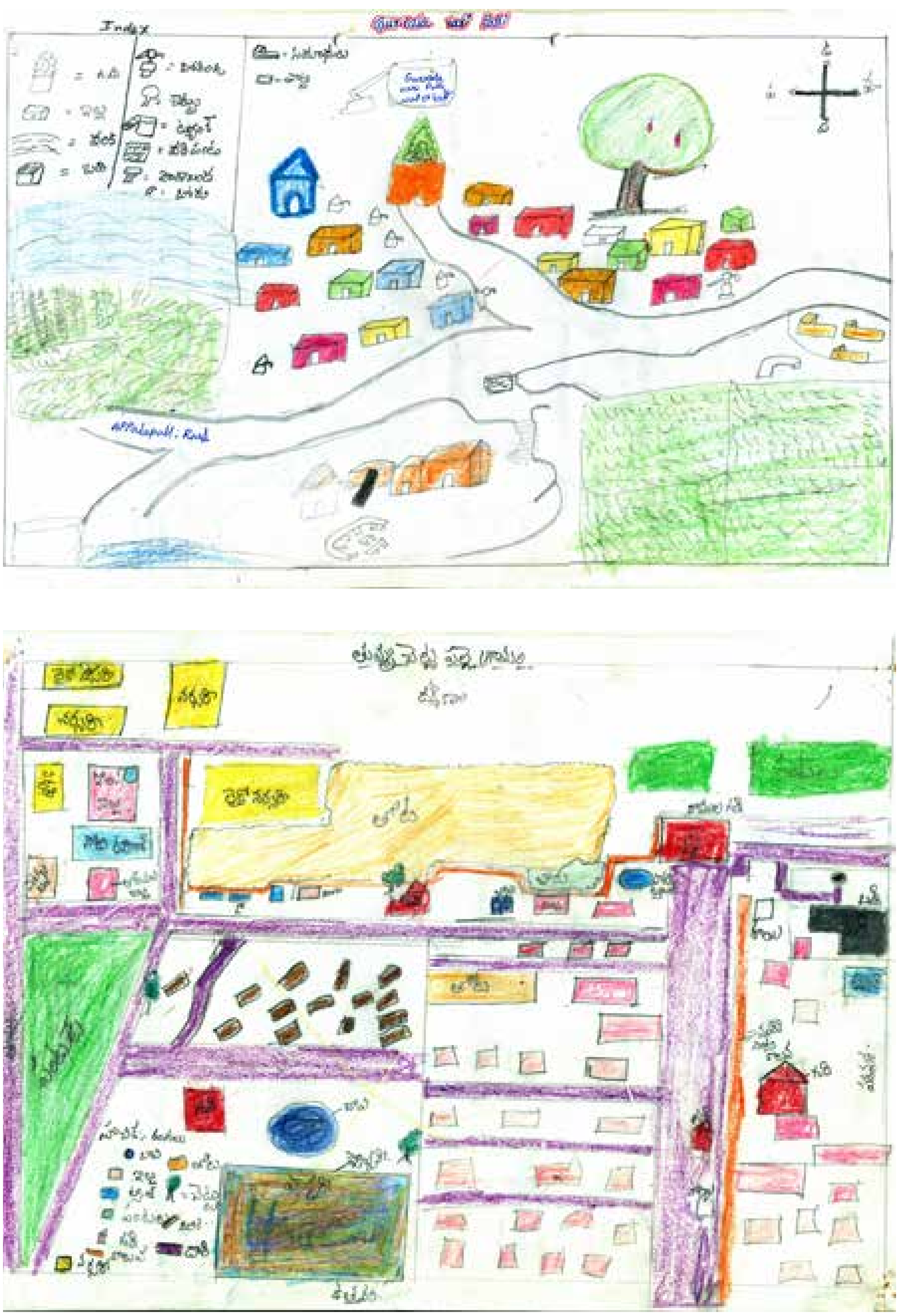
पानी का पाठ

पाँच हफ़्तों की अवधि में कक्षा 7 के विद्यार्थियों को 'पानी' का विषय किस तरह पढ़ाया गया था, यह पाठ उसकी एक झलकी भर है। इसमें सारा ज़ोर एनसीईआरटी पाठ्यक्रम को विद्यार्थियों के जीवन और स्थानीय वातावरण के हिसाब से प्रासंगिक बनाने पर था जिसके चलते जानी-पहचानी व उपयुक्त गतिविधियों व प्रसंगों का इस्तेमाल किया गया। अन्य विषयों में सीखे गए सिद्धान्तों से निहित जुड़ावों की भी समीक्षा कर उन्हें रेखांकित किया गया।

पढ़ाई गईं अवधारणाएँ	शिक्षण-अधिगम गतिविधियाँ	टिप्पणियाँ
पानी के मूल गुणधर्मों की समीक्षा : • पानी एक उत्कृष्ट विलायक है। • पानी तीन अवस्थाओं में मौजूद रहता है — ठोस, द्रव और गैस —ये तीनों ही रूप हमारे आसपास मिलते हैं।	• जाने-पहचाने उदाहरणों पर आधारित चर्चा। • कक्षा में संघनन व वाष्पीकरण का प्रदर्शन।	• कक्षा 6 में पढ़े गए अध्याय 'मिश्रणों व विलयनों' के सिद्धान्तों से सम्बद्ध। • कक्षा 6 में पढ़े गए अध्याय 'पदार्थ की अवस्थाएँ' की सिद्धान्तों से सम्बद्ध।
एक विलायक के रूप में पानी : • पदार्थों को घोलने की क्षमता जीवन के लिए बहुत ज़रूरी है। • यही गुणधर्म खारे पानी के लिए भी ज़िम्मेदार होता है। • तमाम हानिकारक पदार्थ पानी में घुलकर उसे प्रदूषित करते हैं।	• जाने-पहचाने उदाहरणों पर आधारित चर्चा। • ख़ून, पौधों का रस, जलीय जीवन के लिए पानी में ऑक्सीजन।	• पहले पढ़े गए अध्याय 'पौधों में संचरण' की अवधारणाओं से सम्बद्ध। • इसी साल आगे पढ़ाए जाने वाले अध्याय 'संचरण'के सिद्धान्तों से सम्बद्ध।
केशिका क्रिया : • ठोस कणों के बीच की सूक्ष्म जगहों में से पानी ऊपर चढ़ सकता है।	• गतिविधि — काग़ज़ या चाक के प्रयोग द्वारा केशिका क्रिया का अवलोकन करते हुए क्रोमैटोग्राफ़ी करना। • उन जाने-पहचाने उदाहरणों पर चर्चा करना, जिनमें केशिका-क्रिया होते हुए देखी जा सकती है।	• पहले पढ़े जा चुके अध्यायों 'पौधों में संचरण' व 'मृदा' के सिद्धान्तों से सम्बद्ध।
जल चक्र : • पृथ्वी पर पानी लगातार यहाँ से वहाँ घूमता रहता है और अपनी भौतिक अवस्था बदलता रहता है।	• साक्षात उदाहरणों के द्वारा जल चक्र की विभिन्न अवस्थाओं की व्याख्या।	• पहले पढ़े जा चुके अध्याय 'पत्तियों से वाष्पोत्सर्जन' की अवधारणा से सम्बद्ध।
जल वितरण और उपलब्धता : • ताज़ा पानी बनाम समुद्री पानी। • वैश्विक, राष्ट्रीय व स्थानीय स्तर पर ताज़े पानी का वितरण।	• जल-वितरण के वैश्विक व राष्ट्रीय रेखा-चित्रों व नक़्शों पर चर्चा करना। • ताज़े पानी, भू-जल आदि की सापेक्ष उपलब्धता का प्रामाणिक प्रदर्शन।	

पढ़ाई गईं अवधारणाएँ	शिक्षण-अधिगम गतिविधियाँ	टिप्पणियाँ
स्थानीय जल स्रोत : • भू-जल नलकूपों में पानी कहाँ से आता है – जलभर क्या है। • जलभर का रीचार्ज। • भू-जल सन्दूषण।	• भू-जल मॉडल के द्वारा समझाना। • भू-जल के स्थानीय स्रोतों पर चर्चा।	• चर्चा में भू-जल के 'स्वामित्व' व साझेदारी को भी शामिल किया जा सकता है ।
पानी की गुणवत्ता : • पानी की कठोरता। • जल प्रदूषण।	• साबुन के प्रयोग से खारे पानी व मीठे पानी का अन्तर दर्शाना। • स्थानीय उदाहरणों समेत जल प्रदूषण पर चर्चा।	
पानी का शुद्धिकरण : • घरेलू उपयोग के लिए पानी को शुद्ध करने के उपाय।	• पानी को शुद्ध करने के तरीक़ों पर चर्चा —छानना, उबालना, आसवन। • एक सरल सौर जल आसवक बनाना।	• कक्षा 6 में पढ़े गए अध्याय 'मिश्रणों को अलग करना' की अवधारणाओं से सम्बद्ध।
जल संरक्षण: • जल संरक्षण का महत्त्व। • जल संरक्षण के उपाय।	• टपक सिंचाई, वर्षा जल संचयन, चेक डैम्स, रिसाव तालाबों पर चर्चा।	• चर्चा के विस्तार के रूप में, विद्यार्थियों ने अपने बड़े-बूढ़ों से बातचीत कर अपने-अपने गाँव में पानी की वर्तमान व पूर्व की खपत और संरक्षण के बारे में जानकारी इकट्ठा की। • रसोईघर, धुलाई आदि से निकले पानी के पुन:प्रयोग के लिए स्कूल में एक किचन गार्डन बनाने की परियोजना शुरू की।
हमारी जल खपत को समझना : • पानी की निजी खपत। • स्कूल व समुदाय में पानी की खपत।	• पानी की दैनिक निजी खपत का आकलन करना और उसे दर्ज करना। • स्कूल में पानी के उपयोग का सर्वे करना। • गाँव में पानी के वितरण व उसके उपयोग की छान-बीन करना।	• इस गतिविधि के चलते विद्यार्थियों ने मापने, आकलन करने, आँकड़े एकत्र व दर्ज करने जैसे काम सीखे। • स्कूल में जल प्राप्ति, उसके भण्डारण और उसकी खपत सम्बन्धी जानकारी लेने के लिए स्कूल के कर्मचारियों से बातचीत की। • अपने गाँव के जल स्रोतों, जल भण्डारण सुविधाओं व जल वितरण प्रणाली को चिह्नित करने के लिए विद्यार्थियों ने 'जल मानचित्र' बनाए।

कविता कृष्ण एक इंजीनियर हैं और उन्हें ग्रामीण व शहरी स्कूलों में पढ़ाने, पाठ्यक्रम निर्माण और अध्यापकों के शिक्षण आदि विषयों में 15 साल से ज़्यादा का अनुभव है। kavitak2006@gmail.com पर उनसे सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** मनोहर नोतानी



चित्र-2 : बच्चों द्वारा बनाए गए कुछ ग्राम जल मानचित्र

पूछते, अपनी टिप्पणियाँ और जानकारियाँ देते। उदाहरण के लिए, एक विद्यार्थी यह जानने को उत्सुक था कि धनिया के जो भुने हुए बीज वह अपने घर से लाया था वे अंकुरित होंगे कि नहीं। इससे बीजों और उनके अंकुरित होने पर चर्चा हुई। कुछ विद्यार्थी, अपने पौधों पर कीटनाशक छिड़कना चाहते थे, जबकि कुछ को इस पर एतराज़ था और वे अपने श्रम के फलों की 'साझेदारी' कीड़ों और पक्षियों से करना बेहतर समझते थे। बगिया का हर प्रसंग परस्पर खोजने व एक-दूसरे से सीखने का एक अवसर था।

एक ओर जहाँ मेरे विद्यार्थी सब्ज़ियाँ उगाकर उन्हें अपने दोपहर के भोजन के लिए स्कूल की रसोई को देने को तत्पर थे; दूसरी तरफ़ मैं उनके द्वारा ज़्यादा-से-ज़्यादा पहल करने, ज़िम्मेदारी लेने और परस्पर सहयोग करने को देख बहुत ख़ुश थी। एक बच्चा जिसे कक्षा में पढ़ने में दिक़्क़त होती थी, उसी बच्चे को रसोई की बगिया में नेतृत्व करते देखना या एक दब्बू बच्चे को खेती पर आत्मविश्वास से भरपूर बात करते देखना सचमुच सुखद था। इस उपक्रम ने इन बच्चों को वह गुंजाइश दी जिसमें वे ऐसे कौशल और रुचियाँ विकसित कर पाए जिन्हें अन्यथा कक्षा में हासिल करना नामुमकिन था।

इस पद्धति के फ़ायदे

विभिन्न तरह की गतिविधियों वाले शिक्षण के तरीक़े के उपयोग ने विद्यार्थियों को उत्साहित और प्रेरित बनाए रखा। इससे उन्हें अनेक प्रकार के कौशल विकसित करने और नाना प्रकार से सीखने के अवसर मिले। उदाहरण के लिए, उनमें से कुछ को संलग्न गतिविधियों सम्बन्धी पठन सामग्री पढ़ने में मज़ा आता था, वहीं कुछ और को मॉडल बनाना अच्छा लगता था। कुछ लोग बाग़वानी में अगुवाई करते तो कुछ दूसरे, कक्षा में विमर्श में सक्रिय रहते। कुल मिलाकर, गतिविधियों की विविधता के चलते शिक्षण का एक समावेशी वातावरण बना।

स्थानीय समुदाय व परिवेश को एक संसाधन के रूप में इस्तेमाल करने से ज्ञानार्जन की प्रक्रिया अनगिनत तरीक़ों से समृद्ध हुई। ग्रामीण विद्यार्थी अपने अनुभवों, स्कूली विज्ञान और वृहत्तर पर्यावरणीय मसलों के आपसी रिश्तों और उनके महत्त्व को समझ पाए। विज्ञान पढ़ाई की इस शैली ने उन्हें पाठ्यपुस्तक-सीमित ज्ञान की हदों को तोड़ना, लाँघना और अपने पर्यावरण को परखना सिखाया। अपने बड़े-बूढ़ों से इन बच्चों ने पानी



चित्र-3 :ग्रामीण स्कूल रसोई बगिया

बॉक्स-3 : पानी के बारे में सीखने व पढ़ाने के कुछ अतिरिक्त स्रोत

- विद्यार्थियों व शिक्षार्थियों हेतु इंडिया वॉटर पोर्टल की एक शाखा :https://schools.indiawaterportal.org/
- द 'यूएस जिओलॉजिकल सर्वे' पर पानी पर शिक्षण सामग्री की सम्पदा :https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/teachers-resources-watereducation?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- पानी सम्बन्धी कुछ आसान और सस्ती गतिविधियों का एक गुलदस्ता :https://www.arvindguptatoys.com/air-andwater.php

प्रबन्धन के देसी तौर-तरीक़े सीखे और इस तरह वे इसे तत्कालीन मुद्दों से जोड़ सके। अपनी पाठ्यचर्या से परे जाने और जल संरक्षण सम्बन्धी कार्य करने का जज़्बा, इसके अनपेक्षित लाभ थे।

अनिवार्य 'यूनिट टेस्ट' में विद्यार्थियों द्वारा अर्जित 'अंकों' की तुलना में इस इकाई के परिणाम विद्यार्थियों की पढ़ाई के सन्दर्भ में बहुत दूरगामी निकले। कक्षा में अर्जित सिद्धान्तों के व्यवहारिक व ठोस क्रियान्वयन में विद्यार्थी मशग़ूल रहे। स्कूल में पानी की खपत के प्रति वे ज़्यादा सजग रहने लगे और अक्सर उम्र में अपने से छोटे बच्चों को पानी की बर्बादी के लिए डाँटते मिलते। स्कूल की रसोई बगिया सरगर्म चर्चाओं और गतिविधियों की कार्यस्थली बनी रही। फिर तो, विद्यार्थियों और अन्य शिक्षकों ने स्कूल के आसपास की अपशिष्ट जल की अन्य निकासियों के वहाँ छोटे-छोटे सब्ज़-बाग़ लगाए।

चुनौतियाँ व सुझाव

कक्षा में और कक्षा के बाहर गतिविधियों से भरपूर ऐसे विषय को पढ़ाने के उपक्रम में अनेक चुनौतियाँ पेश आईं। पाठ्यचर्या के नियोजन, संसाधनों को जुटाने और गतिविधियों को व्यवस्थित करने में समय लगा (**बॉक्स-3**)। ख़ालिस पाठ्यपुस्तक आधारित शैली की बजाय एक ऐसी पद्धति अपनाने में ज़्यादा समय लगा जो विद्यार्थियों के हर विचार को पूरी तरह से खँगालने के लिए प्रेरित करती थी। कुछ पूर्वयोजना और सहकर्मियों व विद्यार्थियों के समर्थन ने इस प्रायोगिक पद्धति को साकार करने में अहम भूमिका निभाई। मैं ख़ुशकिस्मत थी कि मैं एक ऐसे स्कूल में पढ़ाती थी जो अपने शिक्षकों व शिक्षार्थियों को ऐसी शिक्षण पद्धति को परखने हेतु समय व अवसर देने के योग्य और इच्छुक था। जिन स्कूलों में ऐसी किसी पद्धति के लिए समय या संसाधन ख़र्च करना सम्भव नहीं, वहाँ कक्षा में विज्ञान शिक्षण को स्थानीय स्तर की रोचक व प्रासंगिक गतिविधियों से जोड़ने वाले अन्य सरल तरीक़े इस्तेमाल किए जा सकते हैं। मसलन, कक्षा में पढ़ाए जाने वाले विषयों से सम्बद्ध गतिविधियाँ विद्यार्थियों को उनके गृहकार्य के बतौर दी जा सकती हैं। स्कूलों के विज्ञान क्लब या विज्ञान मेले ऐसे अवसर हो सकते हैं जहाँ इन विषयों को ज़्यादा गहराई व बहुआयामी ढंग से समझने के लिहाज़ से प्रोजेक्ट्स बनाए और किए जा सकते हैं। इस पद्धति से होने वाले सम्भावित लाभों को देखते हुए ऐसे प्रयास तो बनते हैं।



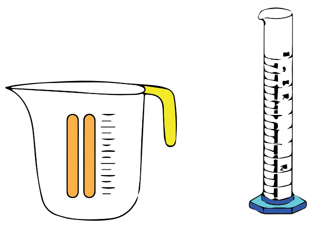
शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है

गतिविधि : मैं कितना पानी इस्तेमाल करती हूँ ?

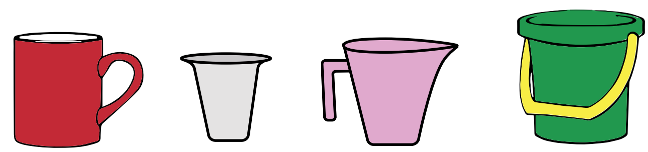
उद्देश्य :

क्या तुम जानते हो कि हर दिन तुम अलग-अलग कामों के लिए कितना पानी इस्तेमाल करते हो? इस गतिविधि में तुम सिर्फ़ एक दिन में अपने द्वारा अलग-अलग कामों के लिए उपयोग किए जा रहे पानी के आयतन का अनुमान लगा सकते हो और उसे रिकॉर्ड कर सकते हो। ('अनुमान' लगाना यानी माप कर, गणना कर और सोच कर सही जवाब के एकदम नज़दीक पहुँचना।)

क्या-क्या चाहिए होगा :



नपनाघट (या एक ऐसा बर्तन जिससे आयतन मापा जा सकता हो)



घर में उपयोग किए जाने वाले कुछ आम बर्तन जैसे कप/ गिलास या स्नानघर में इस्तेमाल होने वाले मग/ बाल्टी आदि।

क्या करना है :

(क) घरेलू बर्तनों से पानी की मात्रा (आयतन) मापना

तुम्हारी पानी की खपत का आकलन करने के लिए सबसे पहले तो तुम्हें अपने द्वारा आमतौर पर इस्तेमाल किए जाने वाले घरेलू बर्तनों का आयतन पता होना चाहिए। यह पता करने के बाद तुम इन बर्तनों का इस्तेमाल अलग-अलग कामों में ख़र्च हो रहे पानी को मापने के लिए कर सकते हो। इससे तुम्हें अपनी कुल दैनिक जल खपत का अनुमान लगाने में मदद मिलेगी।

नपनाघट लेकर पता करो कि पूरा भरा होने की स्थिति में इन बर्तनों में से हर एक बर्तन में कितना पानी आता है। (लेकिन यह ध्यान रखना कि तुम इन बर्तनों का आयतन पता करने के लिए जो पानी उपयोग हो उसे बर्बाद नहीं कर रहे हो!)

1. मेरे पानी पीने के गिलास में ----- मिली पानी आता है।
2. नहाने व धोने के लिए मेरे द्वारा इस्तेमाल किए जाने वाले मग में ------ मिली पानी आता है।
3. नहाने व धोने के लिए मेरे द्वारा इस्तेमाल की जाने वाली बाल्टी में ---- मग पानी आ जाता है।
4. यह ---- लीटर के बराबर है।

(बाल्टी भरने के लिए जितने मग पानी का इस्तेमाल हुआ उतने मगों की संख्या को एक भरे मग के आयतन से गुणा करो।
याद रहे, 1000 मिली = 1 लीटर)

(ख) तुम्हारे एक दिन की पानी की खपत को नापना

दिन भर में पानी का उपयोग करने के अपने तमाम तरीक़ों के बारे में सोचो। इनमें से कुछ नीचे दिए गए हैं। क्या तुम इस सूची में और गतिविधियों को भी जोड़ सकते हो?

1. पानी पीने में
2. अपने दाँतों को ब्रश करना
3. हाथ, मुँह आदि धोना
4. नहाना
5. शौचालय में फ़्लश चलाना
6.
7.
8.

उनमें से किसी एक पात्र का इस्तेमाल करो जिनका आयतन तुम पहले नाप चुके हो और हर गतिविधि में कितना पानी उपयोग हो रहा है उसका हिसाब रखो। उदाहरण के लिए, अपने हाथ धोने के लिए मग से पानी लो और हाथ धोने में जितने मग पानी तुमने इस्तेमाल किया है वह संख्या नीचे दी गई तालिका में दर्ज करो। दिन में जब भी पानी का उपयोग करो उसके लिए एक उपयुक्त बर्तन/ पात्र इस्तेमाल करो।

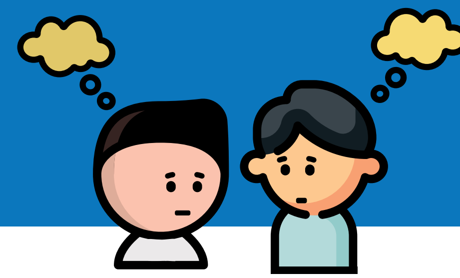
रिकार्ड :

हर बार पानी का इस्तेमाल करने पर नीचे दी गई तालिका में दर्ज करो। ज़रूरत पड़ने पर, तुम इस तालिका में और भी गतिविधियाँ जोड़ सकते हो।

किस काम में	मापक पात्र	पानी से पूरे भरे प्रयुक्त पात्रों की संख्या (यहाँ टैली मार्क्स/ गणना चिह्नों का प्रयोग किया जा सकता है)	कुल प्रयुक्त आयतन (पानी से पूरे भरे पात्रों की कुल संख्या को पात्र के आयतन से गुणा करें)
पीने के लिए	...... आयतन वाला गिलास		
धुलाई व सफाई में	...... आयतन वाला मग		
नहाने में	...... आयतन वाला मग		
शौचालय को फ़्लश करने में	...... आयतन वाली बाल्टी*		

(*यदि तुम फ़्लश का इस्तेमाल कर रहे हो तो तुम फ़्लश की टंकी के आयतन का या तो अनुमान लगा सकते हो या उसे ज्ञात कर सकते हो। यदि तुम यह नहीं जानते तो यह मान सकते हो कि एक फ़्लश टंकी 6 लीटर पानी बहाती है।)

ज़रा सोचो :



दिन ख़त्म होने पर, अपने द्वारा तालिका में भरी जानकारी के आधार पर निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दो। याद रहे कि उत्तर ढूँढ़ने के लिए तुम्हें नापने, अनुमान लगाने या गणना करने की ज़रूरत पड़ेगी।

1. तुमने कितना पानी पिया?

2. नहाने में तुमने कितना पानी उपयोग किया?

3. धोने और ख़ुद (हाथ, दाँत, आदि) की सफाई के लिए तुमने कितना पानी ख़र्च किया?

4. शौचालय को फ़्लश करने में तुमने कितना पानी इस्तेमाल किया?

5. इनमें से किस काम में सबसे ज़्यादा पानी लगा?

6. और किस काम में सबसे कम पानी लगा?

7. क्या किसी उत्तर ने तुम्हें आश्चर्य में डाल दिया?

8. क्या तुम्हें लगता है कि उस दिन तुमने ज़्यादा पानी उपयोग किया जिस दिन तुम उसका हिसाब रख रहे थे बजाय उस दिन के जिस दिन तुम हिसाब नहीं रख रहे थे?

9. अपने आसपास को और ख़ुद को साफ़ व स्वस्थ रखते हुए तुम कहाँ-कहाँ, किस-किस तरीक़े से पानी की खपत को कम कर सकते हो?

10. उन कामों की सूची बनाओ जिनमें तुमने पानी का उपयोग किया लेकिन तुम उसे माप नहीं सके। क्या तुम इन कामों में अपने द्वारा प्रयुक्त पानी की मात्रा का अनुमान लगा सकते हो?

11. यहाँ उन अन्य कार्यों की बात की गई है जिनके लिए तुम्हारे घर में पानी ख़र्च होता है। क्या तुम कुछ ऐसे ही अन्य जल ख़र्ची कार्यों के बारे में सोच सकते हो और बता सकते हो?

    1. खाना बनाना
    2. बर्तन धोना
    3. कपड़े धोना



चर्चा करो :

1. किस काम के लिए तुमने सबसे ज़्यादा पानी इस्तेमाल किया? और किस काम में सबसे कम पानी इस्तेमाल किया? कक्षा में अपने कुछ सहपाठियों के साथ इसकी तुलना करो। किन कामों में तुम्हारे और सहपाठियों के द्वारा इस्तेमाल किया गया पानी बराबर है? और किन कामों में अलग?

2. दिन भर में अपने द्वारा प्रयुक्त पानी की तुलना पूरी कक्षा द्वारा प्रयुक्त पानी से करो।
   - अपने तुलनात्मक परिणामों को तुम एक ग्राफ़ बनाकर भी दर्शा सकते हो।
   - तुम अपनी कक्षा के लिए एक विद्यार्थी के औसत जल ख़र्च की गणना भी कर सकते हो। क्या तुमने इस औसत की तुलना में कम या ज़्यादा पानी ख़र्च किया?

3. किन-किन तरीक़ों से तुम अपने दैनिक कामों में पानी की बचत कर सकते हो?

कविता कृष्ण एक इंजीनियर हैं और उन्हें ग्रामीण व शहरी स्कूलों में पढ़ाने, पाठ्यक्रम निर्माण और अध्यापकों के शिक्षण आदि विषयों में 15 साल से ज़्यादा का अनुभव है। kavitak2006@gmail.com पर उनसे सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** मनोहर नोतानी

मुख्य बिन्दु



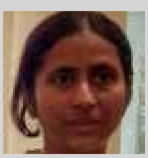
- विज्ञान की मूलभूत अवधारणाओं, प्राकृतिक परिघटनाओं और पर्यावरणीय मुद्दों के अध्ययन को माध्यमिक शाला स्तर पर 'पानी' के विषय के साथ जोड़ा जा सकता है।
- स्थानीय परिवेश को सीखने के एक संसाधन के रूप में इस्तेमाल करने से बच्चे अपने अनुभवों, विज्ञान और पर्यावरणीय मसलों के परस्पर सम्बन्धों को देख-समझ पाते हैं।
- स्थानीय परिवेश की विविध गतिविधियों को शामिल करने से बच्चों को व्यवहारिक कार्य में उत्साही व प्रेरित भागीदारी का मौक़ा मिलता है।

आभार : यह लेख 'ऋषि वैली एजुकेशन सेंटर' के गतिविधि आधारित विज्ञान पाठ्यक्रम, 'एक्सप्लोरिंग साइंस' के हिस्से के रूप में विकसित अधिगम इकाईयों पर आधारित है। लेखिका 'ऋषि वैली एजुकेशन सेंटर' के माध्यमिक स्कूल के विद्यार्थियों और शिक्षकों के प्रति अपने आभार व्यक्त करती हैं, जहाँ यह पाठ विकसित और प्रयुक्त किया गया। www.rishivalley.org/exploring-science-overview पर यह सामग्री उपलब्ध है।

Note: Source of the image used in the background of the article title: Memories of water Credits: Rahul M. and Sahith M, People's Archive of Rural India. URL: https://ruralindiaonline.org/en/articles/memories-of-water/. License: CC-BY-NC-ND.

Reference:

1. NCERT (2006), 'Syllabus for classes at the elementary Level - Volume 1', New Delhi.



कविता कृष्ण एक इंजीनियर हैं और उन्हें ग्रामीण व शहरी स्कूलों में पढ़ाने, पाठ्यक्रम निर्माण और अध्यापकों के शिक्षण आदि विषयों में 15 साल से ज़्यादा का अनुभव है। kavitak2006@gmail.com पर उनसे सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : मनोहर नोतानी



पूविदम में विज्ञान जीते-जीते सीखना

मीनाक्षी उमेश

तमिल में *पूविदम* का मतलब 'धरती से प्रेम' होता है। पूविदम गतिविधि केन्द्र में बच्चे अपने आसपास के माहौल में सहजता से अवलोकन करना, खोज-बीन करना और काम करना सीखते हैं। यह पद्धति विज्ञान सीखने पर किस तरह असर करती है? वयस्क (जैसे शिक्षक) इस प्रक्रिया में क्या भूमिका निभाते हैं?

विज्ञान का विकास प्रेक्षित घटनाओं के अवलोकन से निगमन द्वारा अज्ञात तथ्यों तक पहुँचने की प्रक्रिया के रूप में हुआ। अलबत्ता, आजकल विज्ञान अक्सर चारदिवारी में सिमटी कक्षा में पढ़ाया जाता है। बच्चों को अक्सर न तो अवलोकन का वक़्त दिया जाता है और न ही पाठ्यपुस्तकों की अवधारणाओं को वास्तविक दुनिया के अपने अनुभवों से जोड़ने का मौक़ा। अगर बच्चे अपने स्वाभाविक परिवेश में रोज़मर्रा की जाँच-पड़ताल से विज्ञान सीखें तो कैसा रहे?

दिमाग़ और हाथों को जोड़ना

पूविदम में हम वैज्ञानिक सिद्धान्तों को स्कूल और स्कूल के इर्द-गिर्द के काम करके खोजते परखते हैं (**बॉक्स-1**)। मसलन, पूविदम में रख-रखाव का सारा काम शिक्षकों द्वारा बच्चों की मदद से किया जाता है। हम अपनी सब्ज़ियाँ ख़ुद उगाते हैं, अपना खाना ख़ुद पकाते हैं और ख़ुद ही अपना नाश्ता भी बनाते हैं। रोज़मर्रा के कामों में यह सहभागिता, बच्चों और बड़ों दोनों को प्राकृतिक परिघटनाओं का अवलोकन करने के कई मौक़े देती है। जैसे, बग़ीचों की देखभाल में ख़ुदाई करने के लिए सब्बल, कटाई के लिए दस्ती-कैंची और पानी निकालने के लिए घिरनी और पेडल पम्प का इस्तेमाल शामिल होता है (**चित्र-1**)। इन औज़ारों के इस्तेमाल से बच्चे सरल मशीन वाले पाठ के साथ व्यावहारिक ढंग से जुड़ पाते हैं जिससे उन्हें अवधारणाएँ और उससे सम्बन्धित सूत्रों

बॉक्स-1 : पूविदम गतिविधि केन्द्र का वैचारिक मर्म

सीखने की इच्छा न हो तो सीखने की गुंजाइश ही नहीं। सीखना स्वाभाविक प्रक्रिया है। कोई भी बच्चा अपने आसपास के माहौल, घटनाओं, प्रक्रियाओं और उनमें शामिल व्यक्तियों के अवलोकन से सीखता है। बच्चे वह नहीं सीखते जो हम उन्हें पढ़ाते हैं, वे उससे सीखते हैं जैसा हम आचरण करते हैं। शिक्षक अपनी जीवन शैली से प्रेरित करता है। इसीलिए, पूविदम के सारे वयस्क बच्चों, पृथ्वी और जीव-जगत का आदर करने के दर्शन का पालन करते हैं। उनका जीने का तरीक़ा पृथ्वी के प्रति प्रेम के अनुरूप होता है। इसमें भौतिक वस्तुओं का न्यूनतम उपभोग, कचरे का पुनर्चक्रण/रीसाइकल करना, श्रम की गरिमा को महत्त्व देने की प्रतिबद्धता शामिल है। इसका मतलब है कि उन्हें तुच्छ समझे जाने वाले कामों जैसे कक्षा की सफ़ाई करने या कूड़ा उठाने में कोई झिझक नहीं होती है।

हमने 3, 4 और 5 साल के बच्चों को पहले स्तर, 6 और 7 साल के बच्चों को दूसरे स्तर, 8 और 9 साल के बच्चों को तीसरे स्तर और 10 और 11 साल के बच्चों को चौथे स्तर में बाँटा है। इससे अलग-अलग आयु वर्ग के बच्चों को मिल-जुलकर सीखने का मौक़ा मिलता है, और शिक्षकों को बड़े बच्चों की मदद भी मिल जाती है। चूँकि बच्चों की 'विषय' आधारित शिक्षा उनके 12 साल के होने के बाद ही शुरू होती है इसीलिए हमने इससे छोटे बच्चों के लिए एकीकृत अधिगम पाठ्यचर्या तैयार की है। यह पाठ्यचर्या पाँच तत्वों, 'सूरज, पानी, धरती, हवा और आकाश' पर बनाई गई है। हम कहानियाँ और गाने लिखते हैं जिनसे बच्चों को प्राकृतिक परिघटना के अवलोकन करने, सवाल करने तथा अपने सवालों के जवाबों तक पहुँचने और इन तत्वों से सम्बन्धित अवधारणाओं को समझने में सहूलियत होती है।

एक निर्धारित शिक्षण पद्धति की बजाय पूविदम बच्चों की बात ध्यान से सुनने, और प्राकृतिक दुनिया के सहज अन्वेषण पर केन्द्रित है। मेरे हिसाब से यह बच्चों के साथ होने का एकमात्र सही तरीक़ा है। इस तरह के अनुबन्ध की विशेषता यह होती है कि बच्चा अगुआई करता है और वयस्क अनुसरण करते हैं। यदि वयस्क कभी कोई मार्गदर्शन करते भी हैं तो वह उनकी निजी समझ से करते हैं जिसे उन्होंने अपने जीवन के अनुभवों से सीखा है।

को याद रखने में आसानी होती है। इसी तरह हर बच्चा छत पर लगी टंकी में पर्याप्त पानी भरने के लिए हर रोज़ 10 मिनट पेडल पम्प चलाता है, इसमें किसी भी तरह की ख़राबी आने पर उन्हें यह देखने का मौक़ा मिलता है कि गड़बड़ी कहाँ हुई है। पम्प में आई ख़राबी का कारण पता लगाते हुए बच्चे यह समझ बना लेते हैं कि सामान्यत: पम्प काम कैसे करते हैं। खाना पकाने या साबुन बनाने और फूल, पौधों और बीजों से जैविक रंग बनाने जैसी गतिविधियाँ कई रोचक रासायनिक परिवर्तनों को समझने का मौक़ा देती हैं। जैसे ओवन में केक के घोल का केक में बदलना, ऊष्मा से गर्म तेल में पूड़ी या तवे पर रोटी का फूलना, या अलग-अलग चीज़ें मिलाने पर खाने के स्वाद का बदलना। इसी तरह, अगर एक बार बच्चे समझ जाएँ कि पौधों से रंग कैसे बनते हैं तो रंगों की पूरी दुनिया उनके लिए खुल जाती है।

तहक़ीक़ात से सीखना

हम हर रोज़ छोटे-छोटे प्रयोग भी करते हैं जो परिकल्पना, परीक्षण, अवलोकन और निष्कर्ष के चरणों से गुज़रते हैं। मिसाल के तौर पर, पहले और दूसरे स्तर के बच्चों के साथ एक चर्चा के दौरान पौधों के बढ़ने में धूप की भूमिका को लेकर एक प्रयोग उभरा था। इस चर्चा से दो मत निकले — एक का मत था कि पौधों को सूरज की ज़रूरत होती है और दूसरा गुट यह नहीं मानता था। इन मतों को जाँचने के लिए हमने उन्हें अपने घरों से दो चीज़ें लाने के लिए कहा — पैकिंग करने में इस्तेमाल होने वाली पन्नी (बिस्किट या नाश्ते के पैकेट) और कुछ बीज (रसोई में आसानी से मिलने वाले बीज जैसे रागी, गेहूँ, हरा चना, मेथी, सरसों, जीरा आदि)। हमने थैलियों में मिट्टी, रेत और कम्पोस्ट खाद



चित्र-1 : बग़ीचों में पूविदम के बच्चे आसान औज़ारों का इस्तेमाल करते हैं। ये बच्चों को स्वाभाविक तौर पर इन औज़ारों की यांत्रिकी समझने का मौक़ा देता है।

को बराबर भागों में मिलाकर डाला। थैलियाँ हमने प्लास्टिक पैकेट को काट कर बनाई थीं। फिर हमने इन गमलानुमा थैलियों में बीज डाले और सिंचाई की। बच्चों को थैलियों को ऐसी जगह रखने को कहा जहाँ उन्हें लगता हो कि बीजों का अंकुरण अच्छे से हो सकेगा। जिन बच्चों का मानना था कि बीजों को अंकुरित होने के लिए धूप की ज़रूरत होती है उन्होंने अपनी थैलियाँ धूप वाली जगहों पर रख दीं। इसके उलट, जिनका मानना था कि बीज बिना धूप के अंकुरित हो सकते हैं उन्होंने अपनी थैलियाँ कक्षा में छायादार अँधेरी जगहों, अलमारी के नीचे रख दीं। जो बच्चे दुविधा में थे उन्होंने अपने दोस्तों का अनुसरण किया। दोनों गुटों ने अपने-अपने बीजों को पानी दिया और उनके बढ़ने का अवलोकन किया। एक हफ़्ते के अवलोकन के बाद जिन बच्चों ने बीज धूप में नहीं रखे थे उन्होंने अपने बीजों को भी धूप में रख दिया। हमारी अगली चर्चा से पहले, अपनी पाठ्यपुस्तकों से रट्टा मारे



चित्र-2 : स्कूल के बग़ीचे में बीज रोपते हुए बच्चे।
Credits: Meenakshi Umesh. License: CC-BY-NC.

बिना सभी बच्चे ये मान चुके थे कि बीजों और पौधों को धूप की ज़रूरत होती है। तब हमने बच्चों को प्रकाश-संश्लेषण की चर्चा करके यह समझाया कि पौधों को खाना बनाने और बढ़ने के लिए खनिजों (जिन्हें वे मिट्टी से प्राप्त करते हैं) और कार्बन डाइऑक्साइड (जिसे वे हवा से प्राप्त करते हैं) की भी ज़रूरत होती है।

बॉक्स-2 : कला और विज्ञान

कला वैज्ञानिक सोच विकसित करने की प्रक्रिया का एक महत्त्वपूर्ण भाग है। चित्रकला दृश्य दुनिया को समझने के लिए एक असरदार तरीक़ा प्रदान करती है। चित्रकारी की प्रक्रिया में न सिर्फ़ चीज़ों को बारीक़ी से देखने की ज़रूरत पड़ती है बल्कि यह बच्चों में लगन और संयम बढ़ाती है। यह बच्चों में यांत्रिकी और संरचना की समझ में अपार बढ़ोतरी कर सकती है। चूँकि चित्रकारी समझ की अभिव्यक्ति और सम्भावनाओं की संकल्पना दोनों होती है इसीलिए यह बच्चों में एकाग्रता, कल्पनाशीलता, सृजन-क्षमता और सौन्दर्यबोध को बेहतर करती है। जब हम चित्र बनाते हैं तब हमारा दिल शान्त होता है और मस्तिष्क एकाग्र। हम अपनी आँखों से देखते हैं, मस्तिष्क में चीज़ की समझ बनाते हैं, दिल से अवलोकन करते हैं और हाथों से चित्रण करते हैं। इस गतिविधि में, हमारा दिमाग़, दिल और हाथ आपस में ताल-मेल से काम करते हैं। बच्चों की शुरुआती चित्रकारी गोदा-गादी ही होती है। हम बच्चों से उनकी गोदा-गादी के बारे में बातें करके उनकी क्षमता, रुचि और कल्पनाशीलता के बारे में काफ़ी कुछ जान सकते हैं। मैं यह देखकर बार-बार हैरान हुई हूँ कि बच्चे कितना कुछ देख सकते हैं और बिना पढ़ाए कितना सीख सकते हैं। उदाहरण के लिए, एक तीन साल की बच्ची ने कुछ लकीरें गोदी। मैंने उससे पूछा कि उसने क्या बनाया है। उसने कहा गाय। सम्भव है कि ये बिना सोचा-समझा जवाब हो। मैंने कहा, “वाह! ये तो बहुत सुन्दर गाय है। पर मुझे इसके सींग नहीं दिख रहे हैं। तुमने बनाए थे क्या?” वो बोली, “नहीं, मैंने नहीं बनाए थे।” फिर वो सींग-जैसे कुछ बनाने लगी। जब मैंने पूछा कि पूँछ कहाँ है, तो उसने गोदा-गादी के दूसरे छोर पर कुछ बना दिया जिसे देखकर मैं भौचक्की रह गई। मैंने गाय के पैरों के बारे में पूछा तो बिना गिनती जाने उसने चार पैर बना दिए। और उसने इन्हें बीच में बनाया। स्पष्ट था कि बच्ची को क्या कहाँ है की समझ है और वह परिमाण के पारस्परिक सहसम्बन्ध भी बना पा रही थी! क्या यह वैज्ञानिक सोच नहीं है? क्या इसमें वैज्ञानिक विचार शामिल नहीं है और क्या यह वैज्ञानिक मिज़ाज को बढ़ावा नहीं देता?

कला को विज्ञान से जोड़ने में एक दिक़्क़त यह है कि कला को अक्सर सिर्फ़ उसकी सुन्दरता से परखा जाता है। इसीलिए कई बड़े बच्चे और शिक्षक भी चित्र बनाने से कतराते हैं। उन्होंने एक मत बना लिया है कि वे चित्र नहीं बना सकते। चित्र न बनाना अवलोकन से सीखने की उनकी क्षमता को बाधित करता है। जब विज्ञान सीखने में कला का उपयोग किया जाता है, तब चित्र की सुन्दरता से ज़्यादा महत्त्वपूर्ण हो जाता है अवलोकन करना और मुख्य लक्षणों को चित्रित करना। न सिर्फ़ बच्चों बल्कि शिक्षकों को भी चित्रकला करने के लिए प्रोत्साहित करना ज़रूरी है। तभी वे सीखने में चित्रकला की क्षमता को सराह सकेंगे।

बॉक्स-3 : शिक्षक एक मददगार की भूमिका में

इस तरह के सीखने के माहौल का सबसे महत्त्वपूर्ण पहलू है कि शिक्षक एक मददगार की भूमिका में हो। जब बच्चा कोई सवाल पूछे तो सहजकर्ता उस सवाल से ऐसे रूबरू हो कि बच्चे के तार्किक चिन्तन और निगमनात्मक योग्यता को बढ़ाने में मदद मिले। जैसे,

बच्ची : "पानी आसमान में कैसे पहुँचता है और बारिश कैसे बन जाता है?"

मैं : "वाह! क्या बढ़िया सवाल है! मैंने कभी क्यों नहीं सोचा? मुझे भी जानना है पानी वहाँ कैसे पहुँचा। तुम्हें क्या लगता है वह वहाँ कैसे गया होगा?"

बच्ची : "वह ज़रूर पहले से ही वहाँ रहा होगा।"

मैं : "हम्म! ये तो हो सकता है! सचमुच, मैं भी हमेशा ये जानना चाहती थी कि मेरे गीले कपड़ों से पानी कहाँ चला जाता है। ज़रूर वह हवा में जाता होगा।"

इस तरह मैंने धीरे से उसे वाष्पीकरण की अवधारणा की ओर ठेला। फिर हमने संघनन पर एक प्रयोग किया। जिससे उसे अपने सवाल का जवाब ख़ुद समझ में आ गया। जब शिक्षक सारे सवालों के जवाब देते हैं तब बच्चे शिक्षक पर निर्भर हो जाते हैं और ख़ुद से ज़्यादा शिक्षक पर यक़ीन करने लगते हैं। इसकी बजाय ज़रूरी यह है कि एक शिक्षक अपने अन्दर विनम्रता विकसित करे जो बच्चे के सवालों के सम्मुख हथियार डाल देने के लिए ज़रूरी है। शिक्षक बच्चों को ख़ुद जवाब खोजने में मदद करने के लिए हैं न कि यह दिखाने के लिए वे क्या-क्या जानते हैं।

बीज के पौधे में बदलने के अवलोकन से कई और सवाल और अवलोकन सामने आए (**चित्र-2**)। कुछ बच्चों ने यह देखा की कुछ बीज के अंकुर घास की पत्तियों जैसे दिख रहे थे जबकि बाक़ी में दो मोटी पत्तियाँ निकल आई थीं। और तब हमने बच्चों को एकबीजपत्री और द्विबीजपत्री जैसी अवधारणाओं के बारे में बताया और उन्हें समझाया कि कैसे इस तरह के वर्गीकरण से अपने आसपास के पौधों के बारे में अध्ययन करने में आसानी होती है। हमने उनसे यह भी साझा किया कि इन वर्गों के पौधों के जड़-तंत्र भी अलग-अलग होते हैं। हर वर्ग के एक पौधे को जड़ समेत गमले से निकाल कर दिखाया और उन्हें मूसला जड़ और झकड़ा जड़ों के बारे में बताया। फिर बच्चों को इन पौधों को ध्यान से देखने के लिए और पौधों के हर भाग का, जड़ सहित चित्र बनाने को कहा (देखें **बॉक्स-2**)। इससे बच्चे स्कूल में और स्कूल के आसपास घूम कर ये जाँचने-पहचानने के लिए प्रेरित हुए कि पेड़ एकबीजपत्री हैं या द्विबीजपत्री।

अगले दिन सुबह सैर के वक़्त एक बच्चा यह जानना चाहता था कि उनकी शिक्षक ताड़ के पेड़ को एकबीजपत्री में वर्गीकृत करेंगी या द्विबीजपत्री में। शिक्षक चकरा गईं और उन्होंने बच्चे से यह पता लगाने के लिए कुछ वक़्त माँगा। कुछ अनुसन्धान के बाद, शिक्षक ने जब सही जवाब बच्चे से साझा किया, तब बच्चे ने ख़ुशी से कहा, "मुझे तो पहले से ही पता था कि यह एकबीजपत्री है।" यह सुनकर वे हैरान रह गईं और उन्होंने फिर बच्चे से पूछा, "ये तुम्हें कैसे पता चला?" तो बच्चे ने जवाब दिया, "क्योंकि इसकी जड़ घास की जड़ की तरह बढ़ती है।" सीखने की इसी प्रक्रिया (घटनाओं या गुणधर्मों का अवलोकन और अनजान तथ्यों का निष्कर्ष निकालना) के माध्यम से बच्चों का परिचय विज्ञान की प्रक्रिया से होता है।

चलते-चलते

पूविदम में हम ऐसे लोगों की परवरिश करना चाहते हैं जिन्हें धरती की परवाह हो। ऐसे लोग जो एक ज़्यादा ज़िम्मेदार ज़िन्दगी जीएँगे, जो इस ग्रह पर जीवन बचाने और इसे बरक़रार रखने के लिए अपनी आवाज़ उठाएँगे, और इस दिशा में काम करेंगे। पर हम इस मक़सद के लिए विज्ञान नहीं पढ़ाते हैं; हमारी कोशिश तो एक ऐसी जगह बनाने की है जहाँ बच्चों में स्वाभाविक कौतूहल बढ़े (देखें **बॉक्स-3**)। बच्चे अवलोकन, अनुमान, अभिव्यक्ति, संशोधन जैसी प्रक्रियाओं से बड़े ही प्राकृतिक ढंग से विज्ञान सीखते हैं। हम बच्चों को विज्ञान सिर्फ़ एक बौद्धिक गतिविधि की तरह नहीं पढ़ाते हैं, बल्कि हमारी कोशिश तो बच्चों को परवाह करना सिखाना है। बच्चे अपने परिवेश और धरती की बर्बादी में अपने योगदान के प्रति शिद्दत से जागरूक हो जाते हैं। हम विज्ञान को महज़ देखते नहीं हैं; हम बच्चों में यह पक्की समझ बना देना चाहते हैं कि विज्ञान को हमारी रोज़मर्रा की ज़िन्दगी से जुदा नहीं किया जा सकता है। ज़िन्दगी बहुत सारे अनुभवों का समेकन है। और हर अनुभव ज़िन्दगी के साथ समझदारी से सम्बन्ध बनाना सीखने का, और सभी जीवों की भलाई के लिए जीने का एक मौक़ा देता है।

मुख्य बिन्दु



- स्कूल और रोज़मर्रा की गतिविधियों में बच्चों और बड़ों को शामिल करने से उन्हें प्राकृतिक परिघटना के अवलोकन और विवेचन के कई मौक़े मिलते हैं।
- सीखने की प्रक्रिया (घटनाओं व प्रक्रियाओं या गुणधर्मों के अवलोकन और अज्ञात तथ्यों के निगमन) में तहक़ीक़ात और प्रयोगों को बढ़ावा देने से विद्यार्थियों को विज्ञान की प्रक्रिया का व्यावहारिक परिचय मिलता है।
- अवलोकन दर्ज करने के लिए कला के इस्तेमाल को प्रोत्साहित करने से बच्चों और बड़ों दोनों में वैज्ञानिक सोच, यांत्रिकी और संरचना की समझ बेहतर होती है।
- जब शिक्षक बच्चों को अपने सवालों के जवाब ख़ुद खोजने में मदद करते हैं तो वे बच्चों में तार्किक चिन्तन और निगमनात्मक योग्यता को बढ़ावा देने में मदद करते हैं।

Note: Source of the image used in the background of the article title: Experimenting. Credits: Meenakshi Umesh. License: CC-BY-NC.



मीनाक्षी उमेश मुम्बई में जन्मीं और पली-बढ़ीं। उनके मन में मानव समाज में फैली असमानता के बारे में हमेशा से कई सवाल रहे हैं। 18 साल की उम्र में वे इस निष्कर्ष पर पहुँच गई थीं कि ये सारी असमानताएँ मुख्यधारा की शिक्षा से ही बनाए रखी जाती हैं। उन्होंने 1992 में धरमपुरी, तमिलनाडु में कुछ ज़मीन ख़रीदी और 2002 में पूविदम गतिविधि केन्द्र चालू किया। उनका उद्देश्य लोगों का एक ऐसा अराजक (anarchic) और समतावादी समाज बनाना है जो सिर्फ़ प्रकृति को अपना भगवान और हमारे ग्रह को अपना एकमात्र घर माने। **अनुवाद :** अपूर्वा राजे



मज़ा आर्किमिडीज़ सिद्धान्त के साथ

मनीष यादव

यह लेख विज्ञान शिक्षकों के एक समूह की यात्रा प्रस्तुत करता है। इस समूह ने 'प्यासे कौवे' जैसी प्रचलित दन्तकथाओं के साथ ही कुछ खुली सम्भावनाओं वाले सरल प्रयोगों के माध्यम से आर्किमिडीज़ के सिद्धान्त और सम्बन्धित अवधारणाओं को खोजने-पता लगाने का काम किया। प्रयोग ऐसे थे जो आसानी से उपलब्ध सामग्री से हो सकते थे।

यद्यपि अधिकांश शिक्षक भौतिकी सीखने-सिखाने में प्रयोगों की आवश्यकता पर सहमत हैं, लेकिन स्कूलों में होने वाले प्रयोगों में अक्सर विद्यार्थियों को निर्देशों की एक शृंखला का पालन करने को कहा जाता है ताकि पूर्व निर्धारित परिणाम पर पहुँच सकें या पहले से ज्ञात नियमों को सत्यापित कर सकें। इस दृष्टिकोण का उद्देश्य अपेक्षित परिणामों को प्राप्त करना ज़्यादा होता है, बजाय इसके कि विद्यार्थियों को प्रयोगों की मदद से प्रश्नों की छानबीन करने को प्रोत्साहित किया जाए। शायद यह एक कारण है कि क्यों शिक्षक अपनी कक्षाओं में प्रयोग करने का मूल्य कम मानते हैं। स्कूल में भौतिकी पढ़ाने के लिए हम जिस तरह के प्रयोगों का उपयोग करते हैं, उनपर हम कैसे पुनर्विचार करें?

हम आर्किमिडीज़ के सिद्धान्त को समझने के लिए प्रयोग-आधारित दृष्टिकोण का उपयोग करके इस प्रश्न को टटोलेंगे। इनमें से प्रत्येक प्रयोग शिक्षक द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है, या विद्यार्थियों द्वारा समूह गतिविधि के रूप में किया जा सकता है। प्रयोग करने से पहले विद्यार्थियों से यह अनुमान लगाने को कहें कि वे क्या देखने की उम्मीद करते हैं। उनके पूर्व अनुभवों और धारणाओं को, जो उनके अनुमानों का आधार बनती हैं, पहचानने में उनकी मदद करने के लिए चर्चा में शामिल करें। एक बार प्रयोग के माध्यम से उनके अनुमानों का परीक्षण हो जाने के बाद, उन्हें आपस में अपने अवलोकनों पर चिन्तन और चर्चा करने के लिए कहें। गहन जाँच-पड़ताल का यह तरीक़ा विद्यार्थियों को स्वयं सिद्धान्त की समझ तक पहुँचने में मदद करेगा।

क्या प्यासे कौवे की कहानी सच हो सकती है?

हममें से कई लोगों ने प्यासे कौवे की कहानी सुनी है जो मिट्टी के घड़े में से पानी पीने के लिए कंकड़ों का इस्तेमाल करता है। लेकिन हममें से कितने लोगों ने इस कहानी को सत्यापित करने का प्रयास किया है? हमने इस प्रयोग को आर्किमिडीज़ के सिद्धान्त की खोज शुरू करने में मदद करने के लिए डिज़ाइन किया है (**गतिविधि : एक** देखें)। शुरुआत कहानी पढ़कर करें। फिर अपने विद्यार्थियों को मटके के पानी को ऊपर लाने के लिए विभिन्न सामग्रियों के साथ प्रयोग करने को कहें। यह उन्हें पानी में वस्तुओं के तैरने और डूबने के गुणों के बारे में अधिक गहराई से सोचने को प्रेरित करेगा।

डूबने या तैरने के कारक

हमने इस प्रयोग को इस तरह डिज़ाइन किया कि विद्यार्थियों को वस्तुओं के तैरने और डूबने के गुणों के बारे में और जिन तरल पदार्थों में उन्हें गिराया जाता है, उनसे सम्बन्ध के बारे में अधिक गहराई से सोचने में मदद मिले (**गतिविधि : दो** देखें)। सरल रखने के लिए, आप इस प्रयोग को पानी जैसे तरल से भी शुरू कर सकते हैं। विद्यार्थी तैरने की क्रिया को प्रभावित करने वाले कारकों की पहचान कर पाएँ, इसके लिए उनसे विभिन्न प्रश्न पूछें। विद्यालय स्तर पर विद्यार्थी इन प्रश्नों के उत्तर ज़्यादातर द्रव्यमान, आयतन, घनत्व, क्षेत्रफल आदि जैसी अवधारणाओं के सन्दर्भ में देंगे। आपको रंग या लम्बाई जैसे जवाब भी मिल सकते हैं। रंग और लम्बाई में व्यापक रूप से भिन्न वस्तुओं का चयन यह प्रदर्शित करने के लिए किया जा सकता है कि इन गुणों का तैरने की क्रिया से कोई सम्बन्ध नहीं है (**बॉक्स-1** देखें)।

बॉक्स-1 : इस प्रयोग के लिए हम किस प्रकार की वस्तुओं का उपयोग कर सकते हैं?

इस प्रयोग के लिए चुनी गई वस्तुओं के बारे में कोई नियम नहीं है। इन्हें इसलिए चुना गया है क्योंकि वे विभिन्न तरल पदार्थों में तैरने की विभिन्न स्थितियों को प्रदर्शित करती हैं। शिक्षक वस्तुओं का एक पूरी तरह से अलग सेट चुन सकते हैं जो इस मोटी-मोटी शर्त को पूरा करते हैं।

वस्तुओं का आयतन और उनके द्वारा विस्थापित द्रव

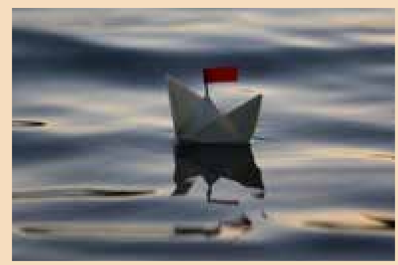
हमने इस प्रयोग को वस्तुओं के आयतन और उनके द्वारा विस्थापित द्रव के बीच सम्बन्ध का पता लगाने के लिए डिज़ाइन किया है (**गतिविधि : तीन** देखें)। ऐसा करने के लिए, हम पानी में लकड़ी, धातु और काँच से बने घनाभों और गोलों के तैरने का परीक्षण करते हैं। प्रयोग शुरू करने से पहले, विद्यार्थियों से घनाभों और गोलों की आवश्यक माप और उपयुक्त गणितीय सूत्रों का उपयोग करके उनके आयतन की गणना करने को कहें। एक बार जब वे यह कर लें, तो विद्यार्थियों से इन वस्तुओं को एक-एक करके नपनाघट में पानी में डालने को कहें। प्रत्येक वस्तु को पानी में डालने से पहले और बाद में, नपनाघट में पानी के स्तर को चिह्नित करके, विद्यार्थी प्रत्येक मामले में विस्थापित पानी की मात्रा की गणना कर सकते हैं। विद्यार्थियों को इन मानों की तुलना प्रयोग की शुरुआत में गणना की गई मात्राओं से करने के लिए प्रोत्साहित करें। क्या वे किसी मोटे-मोटे पैटर्न की पहचान कर पाते हैं?

ये कुछ अवलोकन हैं जो इस प्रयोग में आम हैं :

- किसी डूबने वाली वस्तु का आयतन उसके द्वारा विस्थापित द्रव के आयतन के बराबर होता है।

बॉक्स-2 : क्या किसी वस्तु के डूबने या तैरने की प्रवृत्ति में उसके आकार की कोई भूमिका होती है?

विद्यार्थियों को कुछ मिट्टी या एल्यूमीनियम की पन्नी और पानी का एक टब दें। उन्हें एक ही द्रव्यमान की अलग-अलग आकार की वस्तुओं को तराशने के लिए मिट्टी या पन्नी का उपयोग करने के लिए प्रोत्साहित करें। उन्हें पानी में डालें और उनके द्वारा विस्थापित पानी की मात्रा, द्रव्यमान और घनत्व को रिकॉर्ड करें। चूँकि अलग-अलग आकार की वस्तुओं के अलग-अलग सम्पर्क क्षेत्र होते हैं, इसलिए वे पानी की विभिन्न मात्राओं को विस्थापित कर सकते हैं।



क्या नाव का आकार उसे तैरने में मदद करता है? वह डूबती क्यों है? इससे इस बात पर चर्चा हो सकती है कि समुद्री जल की तुलना में बहुत अधिक घनत्व वाली सामग्री से बने होने के बावजूद नावों और जहाज़ों के आकार को तैरने के लिए कैसे डिज़ाइन किया जाता है।

Credits: Tim Green URL: https://www.piqsels.com/en/public-domain-photo-sgymf. License: CC-BY.

- तैरने वाली वस्तु का आयतन उसके द्वारा विस्थापित द्रव के आयतन से अधिक होता है।

इन टिप्पणियों को गणितीय रूप से व्यक्त किया जा सकता है :

V वस्तु = V वस्तु के डूबने पर विस्थापित द्रव।

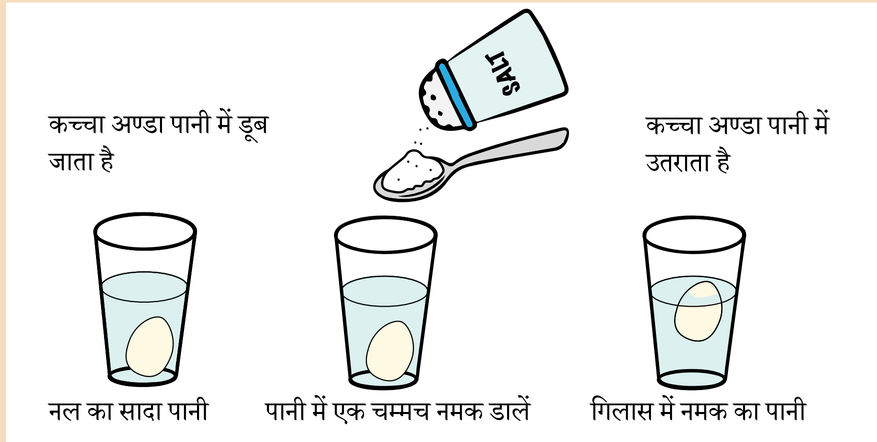
V वस्तु > V विस्थापित द्रव।

तैरने और डूबने में द्रव्यमान और घनत्व

हमने इस प्रयोग को वस्तुओं के द्रव्यमान

बॉक्स-3 : क्या किसी वस्तु को समान घनत्व वाले द्रव में डालने पर उसके तैरने या डूबने की प्रवृत्ति बदल जाएगी?

हम जानते हैं कि वस्तुएँ उच्च घनत्व वाले द्रवों की सतह पर तैरती हैं और समान घनत्व वाले द्रवों की सतह के नीचे तैरती हैं। हम यह भी जानते हैं कि वस्तुएँ अपने से कम घनत्व वाले द्रवों में डूबती हैं। आप अण्डे, नल का पानी और नमक के साथ इस समझ तक पहुँचने में विद्यार्थियों की मदद कर सकते हैं। विद्यार्थियों से यह अनुमान लगाने के लिए कहें कि अगर पानी में अण्डा डाला गया तो तैरेगा या डूब जाएगा। जब वे अपना अनुमान बता दें, तो अण्डे को पानी में डाल दें, और विद्यार्थियों को इसे डूबते हुए देखने दें। फिर, पानी में नमक डालना शुरू करें, धीरे-धीरे इतना डालें कि अण्डा तैरने लगे। विद्यार्थियों से पूछें कि उन्हें क्या लगता है कि नमक पानी के साथ क्या करता है कि अण्डा तैरने लगता है। आप गाजर के एक टुकड़े को पहले नल के पानी में और फिर कमरे के तापमान पर एक सन्तृप्त चीनी या साइट्रिक एसिड के घोल में डालकर भी इस प्रश्न की खोजबीन कर सकते हैं।



नमक के पानी में अण्डा क्यों तैरता है?

Adapted from: R. Bishop, How Salt Behaves, WORLDkids. URL: https://kids.wng.org/node/1942.

व आयतन और उनके द्वारा विस्थापित द्रव के आयतन व द्रव्यमान का सम्बन्ध उनके तैरने के गुण से जोड़ने के लिए डिज़ाइन किया है (**गतिविधि : चार** देखें)। इस गतिविधि के दो चरण हैं। पहले चरण में, विद्यार्थियों से लकड़ी, लोहे या साबुन से बने घनाभों का द्रव्यमान मापने और उनके आयतन और घनत्व की गणना करने के लिए कहें। फिर उन्हें घनाभों को एक-एक करके पानी में डुबाने को कहें और प्रत्येक मामले में विस्थापित पानी का द्रव्यमान तथा आयतन रिकॉर्ड करें। एक ही आयतन की विभिन्न वस्तुएँ तैरने के अलग-अलग गुणधर्म दिखा सकती हैं (एक तैर सकती है जबकि अन्य डूब सकती हैं), इस तथ्य के मद्देनज़र विद्यार्थियों को प्रोत्साहित करें कि वे इन अवलोकनों का उपयोग वस्तु के घनत्व, द्रव्यमान और आयतन का उसके डूबने और तैरने की प्रवृत्ति के साथ सम्बन्ध पता लगाने में करें। आप उनसे अनियमित आकार की वस्तुओं के मामले में भी इस सम्बन्ध का परीक्षण करने के लिए कह सकते हैं (**बॉक्स-2** देखें)। इससे उन्हें इस तरह के सम्बन्ध तक पहुँचने में मदद मिलेगी :

	आयतन सम्बन्ध	**द्रव्यमान सम्बन्ध**	**घनत्व सम्बन्ध (द्रव्यमान / आयतन)**
डूबना	Vo = Vw	Mo > Mw	Do > Dw
तैरना	Vo > Vw	Mo = Mw	Do < Dw

यहाँ,

- Vo वस्तु का आयतन।
- Vw वस्तु द्वारा विस्थापित पानी का आयतन।
- Mo वस्तु का द्रव्यमान।
- Mw वस्तु द्वारा विस्थापित पानी का द्रव्यमान।
- Do वस्तु का घनत्व।
- Dw वस्तु द्वारा विस्थापित पानी का घनत्व|

दूसरे चरण में, आप इस खोज को अन्य तरल पदार्थों, जैसे अल्कोहल, साइट्रिक एसिड, नमक के घोल और चीनी के घोल तक बढ़ा सकते हैं (**बॉक्स-3** देखें)। विद्यार्थियों को उन कारकों के बारे में सोचने के लिए कहें जो किसी वस्तु को एक तरल में (आंशिक या पूरी तरह से) तैरने और दूसरे में डूबने का कारण बनते हैं। यह इस तथ्य को स्थापित करने में मदद करेगा कि तैरना और डूबना अकेले वस्तु गुणों पर निर्भर नहीं करता है।

निष्कर्ष

ये प्रयोगों के लिए केवल कुछ विचार हैं जिनका उपयोग भौतिकी में किसी अवधारणा को अधिक आकर्षक तरीक़ों से तलाशने के लिए किया जा सकता है। इस प्रकार का तरीक़ा विद्यार्थियों को स्वयं इन अवधारणाओं का अन्वेषण और खोज करने का अवसर प्रदान करता है। ऐसे अनुभवों के माध्यम से वे अपने ज्ञान का निर्माण स्वयं करने लगते हैं। क्या आप भी इन्हें आज़माना नहीं चाहेंगे?

विज्ञान प्रयोगशाला

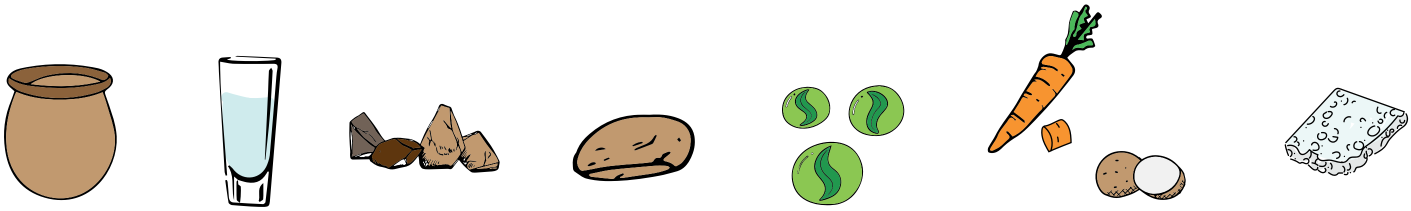
गतिविधि – एक : प्यासे कौवे की कहानी



क्या आपने यह कहानी पहले सुनी है?

गर्मी का दिन था। एक प्यासा कौआ पानी खोज रहा था। काफ़ी खोजबीन के बाद उसे मिट्टी का एक घड़ा मिला जिसमें कुछ पानी था। कौवे ने अपने सिर को घड़े में घुसाया, लेकिन पानी तक नहीं पहुँच सका। फिर उसने मटके को झुकाने की कोशिश की ताकि थोड़ा पानी छलक जाए, लेकिन घड़ा बहुत भारी था। आसपास देखने पर कौवे को कई छोटे-छोटे कंकड़ दिखाई दिए। उसने अपनी चोंच की मदद से इन कंकड़ों को एक-एक करके बर्तन में गिराया। पानी का स्तर बढ़ते-बढ़ते इतना बढ़ा कि कौआ अपनी चोंच से उस तक पहुँच सका। कौवे ने जी भरकर पानी पिया, और उड़ गया।

आपको चाहिए होगा :



एक मिट्टी का बर्तन, थोड़ा पानी, कुछ छोटे और बड़े कंकड़, एक बड़ा पत्थर, कुछ अलग-अलग आकार के कंचे, कुछ अलग-अलग आकार के सब्ज़ी के टुकड़े, थर्मोकोल के कुछ टुकड़े।

सोचें और चर्चा करें :

- क्या आपको लगता है कि इस तरह के बर्तन में पानी तक पहुँचना सम्भव है? क्यों?
- आपकी राय में, एक कौवे के लिए कंकड़ गिराकर पानी तक पहुँचने के लिए बर्तन में कम-से-कम पानी कितना होना चाहिए? कैसे पता करेंगे?
- पानी तक पहुँचने के लिए आपको कितने छोटे कंकड़ों की आवश्यकता होगी? कई छोटे-छोटे कंकड़ गिराने के बजाय, क्या होगा अगर हम धीरे-से एक बड़े पत्थर को बर्तन में गिरा दें? आपको क्या लगता है कि क्या होगा?
- बर्तन में पानी के स्तर को बढ़ाने के लिए और क्या (पत्थर, सब्ज़ी के टुकड़े, थर्मोकोल आदि) गिराया जा सकता है?
- क्या यह कहना सही होगा कि पानी का स्तर कगार तक तभी उठ सकता है जब घड़े में पहले से पर्याप्त पानी भरा हो? क्या पानी का यह स्तर घड़े के आयतन का आधा या दो-तिहाई है?

मनीष यादव विज्ञान तथा गणित की शिक्षा के क्षेत्र में लगभग सात वर्षों से भी अधिक समय तक अजीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन के साथ काम करते रहे हैं। उन्होंने शिक्षकों तथा शिक्षक प्रशिक्षकों के लिए विज्ञान शिक्षा के कई कार्यक्रमों को संचालित किया है। उनसे manishy18@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : राम कुमार सरोज

विज्ञान प्रयोगशाला

गतिविधि – दो : उत्प्लावन (तैरने की क्रिया) को प्रभावित करने वाले कारक

उद्देश्य :

किसी वस्तु के तरल में डूबने या तैरने को प्रभावित वाले कारकों की पहचान करना।

आपको चाहिए होगा :

- **तरल पदार्थ :** तीन गिलास टम्बलर (250-250 मिलीलीटर) — एक में पानी, एक में चीनी/ नमक का घोल, और तीसरे में अलकोहल।
- **वस्तुएँ :** कॉर्क का एक टुकड़ा, एक इरेज़र, हल्दी, सुपारी, एक धातु की पेपर क्लिप, मोमबत्ती का एक टुकड़ा, एक पेंसिल का टुकड़ा, कुछ मिट्टी, गाजर और आलू के कुछ अलग-अलग आकार के टुकड़े, एल्यूमीनियम पन्नी की एक गेंद।

क्या करें :

- कल्पना कीजिए कि आप प्रत्येक वस्तु को एक-एक करके हर एक विलयन में गिराते हैं। आप क्या सोचते हैं वह तैरेगी या डूबेगी?
- अब वास्तव में इनमें से प्रत्येक वस्तु को प्रत्येक विलयन में गिराएँ और देखें कि वह डूबती है या तैरती है।
- अपने पूर्वानुमानों और अवलोकनों को तालिका में दर्ज करें।

सोचें :

1. आपके कौन-से अनुमान अवलोकनों से भिन्न थे? आप अन्तर को कैसे समझाएँगे?

2. किस प्रकार की वस्तुएँ तैरती हैं? क्या उनके बीच किसी तरह की समानता है जिसके कारण वे तैरती हैं?

3. किस प्रकार की वस्तुएँ डूबती हैं? क्या उनके बीच किसी तरह की समानता है जिसके कारण वे डूब जाती हैं।

4. एक कुचली एल्युमिनियम पन्नी पानी में तैरती है। क्या इसे डुबाने का कोई तरीक़ा आप सोच सकते हैं?

5. क्या आपको कोई ऐसी वस्तु मिली जो कि तीनों तरल पदार्थ में डूब जाती है? क्या आप कोई कारण सोच पाते हैं कि जो वस्तु अल्कोहल में डूब जाती है, वह पानी में और चीनी/ नमक के घोल में भी क्यों डूब जाती है।

6. क्या आपको कोई ऐसी वस्तु मिली जो कि तीनों तरल पदार्थों में तैरती है? आपको क्या लगता है कि ये चीज़ें तीनों तरल पदार्थों में क्यों तैरती हैं।

7. क्या आपको ऐसा कोई विलयन मिला जिसमें ये सारी वस्तुएँ डूब जाती हैं? क्या आप कोई कारण सोच पाते हैं कि जिस विलयन में धातु पिन डूब जाती है उसी में एक कॉर्क भी क्यों डूबता है?

8. क्या आपको कोई विलयन मिला जिसमें ये सभी वस्तुएँ तैरती हों? आपको क्या लगता है कि इस विलयन में सभी वस्तुएँ क्यों तैरती हैं?

दूसरों के साथ चर्चा करें :

- किसी वस्तु के कौन-से गुणधर्म उसको तैराते या डुबाते हैं।

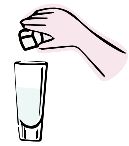
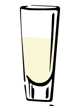
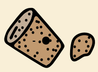
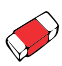
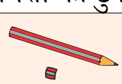
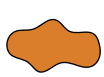
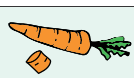
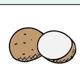
- विलयन के कौन-से गुण किसी वस्तु को उसमें डूबने या तैरने के लिए सहायता करते हैं?

i wonder... Rediscovering school science

मनीष यादव विज्ञान तथा गणित की शिक्षा के क्षेत्र में लगभग सात वर्षों से भी अधिक समय तक अजीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन के साथ काम करते रहे हैं। उन्होंने शिक्षकों तथा शिक्षक प्रशिक्षकों के लिए विज्ञान शिक्षा के कई कार्यक्रमों को संचालित किया है। उनसे manishy18@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : राम कुमार सरोज

Azim Premji University

विलयन

वस्तुएँ	 पानी		 नमक/ चीनी का घोल		 अल्कोहल	
	पूर्वानुमान	अवलोकन	पूर्वानुमान	अवलोकन	पूर्वानुमान	अवलोकन
 कॉर्क का टुकड़ा						
 इरेज़र						
 हल्दी						
 सुपारी						
 धातु पिन						
 मोमबत्ती का टुकड़ा						
 पेंसिल का टुकड़ा						
 मिट्टी						
 गाजर का टुकड़ा						
 आलू का टुकड़ा						
 एल्यूमिनियम पन्नी की गेंद						

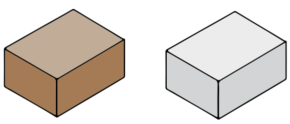
विज्ञान प्रयोगशाला

गतिविधि – तीन : वस्तुएँ और विलयन

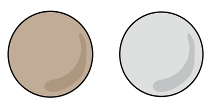
उद्देश्य :

वस्तुओं के आयतन और उनके द्वारा विस्थापित तरल के आयतन के बीच सम्बन्ध का पता लगाना।

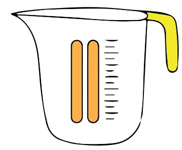
आपको चाहिए :



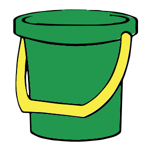
2 घनाभ (एक लोहे का और दूसरा लकड़ी का)।



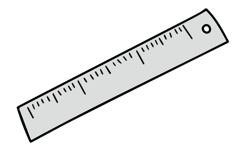
2 गोले (एक लकड़ी का, दूसरा काँच का)।



एक नपनाघट।



पानी भरी एक बाल्टी।



घनाभों/ गोलों के आयामों को मापने के लिए एक आधा फुट का पैमाना/ मापने वाला फ़ीता।

क्या करें :

- घनाभों और गोलों के आयतन की गणना करें।
- इनमें से प्रत्येक वस्तु को पानी से भरे मापन जार में गिराएँ। जार के अन्दर पानी के आयतन में किसी भी परिवर्तन का अवलोकन करें।
- अपने प्रेक्षणों को नीचे दी गई तालिका में दर्ज करें।

वस्तु	मापित आयतन	वस्तु पानी में तैरती है या डूबती है?	वस्तु पानी का कितना आयतन विस्थापित करती है?

सोचिए :

1. कौन-सी वस्तुएँ अपने स्वयं के आयतन के बराबर पानी के आयतन को विस्थापित करती हैं? क्या आपको लगता है कि इसका वस्तु के गुणों से कुछ लेना-देना है ?
2. किन मामलों में वस्तु का आयतन उसके द्वारा विस्थापित पानी के आयतन से भिन्न होता है? क्या आपको लगता है इसका वस्तु के गुणों से कुछ लेना-देना है ?
3. क्या विस्थापित पानी का आयतन कभी उसमें गिराई गई वस्तु के आयतन से अधिक होता है? आपको क्या लगता है ऐसा क्यों होता है?

मनीष यादव विज्ञान तथा गणित की शिक्षा के क्षेत्र में लगभग सात वर्षों से भी अधिक समय तक अजीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन के साथ काम करते रहे हैं। उन्होंने शिक्षकों तथा शिक्षक प्रशिक्षकों के लिए विज्ञान शिक्षा के कई कार्यक्रमों को संचालित किया है। उनसे manishy18@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : राम कुमार सरोज

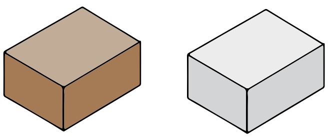
विज्ञान प्रयोगशाला

गतिविधि – चार : एक वस्तु का द्रव्यमान, आयतन और घनत्व इसके तैरने की क्रिया को प्रभावित कैसे करते हैं।

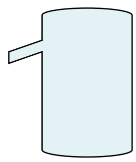
उद्देश्य :

वस्तु के द्रव्यमान, आयतन और घनत्व का उसके तैरने की क्रिया के साथ सम्बन्ध का पता लगाना।

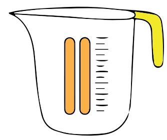
आपको चाहिए :



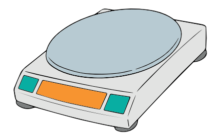
एक लकड़ी और लोहे के, समान नाप के घनाभ (पदार्थ को छोड़कर शेष एक समान)।



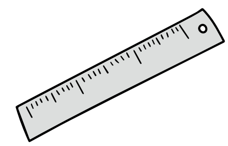
एक उत्प्लावी बर्तन।



एक नपनाघट।



एक इलेक्ट्रॉनिक तुला विस्थापित तरल के आयतन को मापन के लिए (ग्राम में सटीकता के साथ)।



घनाभों की विमाएँ मापने के लिए एक आधा फुट स्केल।

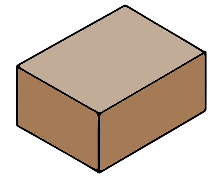
क्या करें :

- प्रत्येक घनाभ का आयतन, द्रव्यमान और घनत्व ज्ञात कीजिए :
    - o प्रत्येक घनाभ को तौलने के लिए इलेक्ट्रॉनिक तुला का उपयोग करें। तुला पर दिखाई देने वाली रीडिंग इसका द्रव्यमान होगा (= w/ g, जहाँ w = भार और g = गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण = 9.8 m/ s^2 पृथ्वी पर)।
    - o पैमाने की मदद से आवश्यक माप करके घनाभों के आयतन की गणना करें।
    - o सूत्र का उपयोग करके घनाभों के घनत्व की गणना करें : घनत्व = द्रव्यमान/ आयतन।
- खाली नपनाघट को तौलने के लिए इलेक्ट्रॉनिक तुला का उपयोग करें। फिर, उत्प्लावी बर्तन में पानी भरें। नपनाघट को उत्प्लावी बर्तन के टोंटी के नीचे रखें। लकड़ी के घनाभ को उत्प्लावी बर्तन में डुबाएँ। उत्प्लावी बर्तन से नपनाघट में विस्थापित होने वाले पानी की मात्रा को रिकॉर्ड करें। अब, नपनाघट को विस्थापित पानी के साथ तौलें (खाली नपनाघट के द्रव्यमान को इस मान से घटाने पर आपको विस्थापित जल का द्रव्यमान ज्ञात होगा)।
- इस प्रक्रिया को लोहे के घनाभ से दोहराएँ।
- अपने माप और प्रेक्षणों को अगले पृष्ठ पर तालिका में दर्ज करें।

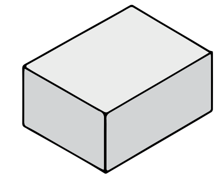
सोचिए :

1. दो घनाभों में से कौन-सा पानी में तैरता है, और कौन-सा डूबता है? चूँकि दोनों घनाभों का आयतन समान है, किसी वस्तु का डूबना या तैरना उसके द्रव्यमान और घनत्व से कैसे सम्बन्धित है?
2. वस्तु के इन तीन गुणों — उसका द्रव्यमान, आयतन और घनत्व, में से कौन-से गुण की गणना आप विस्थापित पानी का उपयोग करके सही ढंग से कर सकते हैं?

मनीष यादव विज्ञान तथा गणित की शिक्षा के क्षेत्र में लगभग सात वर्षों से भी अधिक समय तक अजीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन के साथ काम करते रहे हैं। उन्होंने शिक्षकों तथा शिक्षक प्रशिक्षकों के लिए विज्ञान शिक्षा के कई कार्यक्रमों को संचालित किया है। उनसे manishy18@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : राम कुमार सरोज



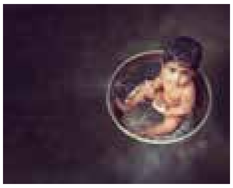
लकड़ी का घनाभ



लोहे का घनाभ

		लकड़ी का घनाभ	लोहे का घनाभ
वस्तु डूबती है या तैरती है?			
द्रव्यमान	वस्तु का		
	वस्तु द्वारा विस्थापित पानी का		
आयतन	वस्तु का		
	वस्तु द्वारा विस्थापित पानी का		
घनत्व	वस्तु का		
	वस्तु द्वारा विस्थापित पानी का		

मुख्य बिन्दु



- विद्यार्थी आसानी से उपलब्ध सामग्री के साथ सरल, आनन्ददायक और खुली सम्भावना वाले प्रयोगों की एक शृंखला के माध्यम से आर्किमिडीज़ के सिद्धान्त की एक मज़बूत समझ विकसित कर सकते हैं।
- एक प्रयोग-आधारित दृष्टिकोण जो विद्यार्थियों को अन्दाज़ा लगाने, परीक्षण करने, चिन्तन करने और अवलोकनों की चर्चा करने के लिए प्रोत्साहित करता है, उन्हें गहन पूछताछ के माध्यम से, मूल अवधारणाओं और सिद्धान्तों की समझ तक पहुँचने में मदद कर सकता है।

आभार : मैं अपने सहयोगियों ('लेट्स डू फिजिक्स' मोड्यूल को विकसित करने में साझेदार) राकेश तिवारी और गणेश जीवा का आभार व्यक्त करना चाहता हूँ। मैं अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन, जयपुर की राज्य तथा टोंक की टीमों को भी दिसम्बर 2012 में निवाई में 'लेट्स डू फिजिक्स' की प्रशिक्षण कार्यशाला आयोजित करने में उनकी सहायता के लिए धन्यवाद देना चाहता हूँ।

References:

1. Physics in the Elementary School, Harry O. Gillet, The Elementary School Teacher, Vol. 4, No. 10 (Jun., 1904), pp. 688-692.
2. Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. Koponen, I.T., Mäntylä, T. Sci Educ 15, 31–54 (2006). URL: https://doi.org/10.1007/s11191-005-3199-6.
3. Exploratory Experiments, L. R. Franklin, Philosophy of Science, Vol. 72, No. 5, Proceedings of the 2004 Biennial Meeting of The Philosophy of Science Association.
4. Demonstration Experiments in Physics. Reprinted from the classic work by Richard Manliffe Sutton.
5. Learning Introductory Physics by Doing It, Priscilla Laws Reviewed, Change, Vol. 23, No. 4 (Jul. - Aug., 1991), pp. 20-27.

मनीष यादव विज्ञान तथा गणित की शिक्षा के क्षेत्र में लगभग सात वर्षों से भी अधिक समय तक अजीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन के साथ काम करते रहे हैं। उन्होंने शिक्षकों तथा शिक्षक प्रशिक्षकों के लिए विज्ञान शिक्षा के कई कार्यक्रमों को संचालित किया है। उनसे manishy18@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** राम कुमार सरोज



हँसी का विकास

हम बहुत छोटी उम्र से ही हँसना शुरू कर देते हैं, और कई अलग-अलग कारणों से हँसते हैं। लेकिन क्या आपको पता है कि पूरी धरती पर सिर्फ़ हम ही ऐसे प्राणी नहीं हैं जो हँसते हैं? सभी वानर (जैसे कि गोरिल्ला, ओरांगुटान, चिम्पैंज़ी और बोनोबो) भी हँसते हैं, हालाँकि उनकी हँसी हमारी हँसी से बहुत अलग ही लगती है। (जैसे कि चिम्पैंज़ी की हँसी ऐसी लगती है जैसे वह हाँफ रहा हो!)।

सम्भव है कि हँसी उद्विकास में एक सामाजिक घटना के रूप मे उभरी हो। उदाहरण के लिए, वानरों में हँसी ज़्यादातर उनके बच्चों में देखी जाती है और वे इसे एक खेल की तरह इस्तेमाल करते हैं, या उन्हें जब कोई गुदगुदी करता है। यह उनके साथ खेलने वाले साथी को उनकी प्रसन्नता का संकेत देती है और उनके सामाजिक बन्धन को बढ़ाती है। मनुष्य लगभग हर तरह की सामाजिक अन्तर्क्रिया में हँसते हैं। असल में, यह देखा गया है कि लोग अकेले की बजाय जब समूह में होते हैं तो उनके हँसने की सम्भावना लगभग 30 गुना ज़्यादा होती है। आपने यह भी महसूस किया होगा कि केवल हँसी की आवाज़ सुनकर भी हमारे चेहरे पर मुस्कान (या हँसी) आ जाती है; कारण पता होना ज़रूरी नहीं होता।

वैज्ञानिकों का मानना है कि यह लक्षण हमें वानरों और मनुष्यों के साझा पूर्वजों से मिला है, जो लगभग 1.6-1 करोड़ साल पहले अस्तित्व में थे। यह तथ्य हमें इस सवाल की ओर ले जाता है – क्या इस लक्षण का उत्तरजीविता सम्बन्धी कोई लाभ है? अब हम यह जानते हैं कि हँसी हमारे शरीर में एंडोरफिंस नाम के हॉर्मोन मुक्त करती है। ये मस्तिष्क से निकलने वाले ऐसे हॉर्मोनों का समूह है, जो दर्द को सहने की क्षमता और आनन्द की अनुभूति को बढ़ाते हैं। हँसी चिन्ता में कमी करती है, प्रतिरक्षा को मज़बूत करती है और आयु को भी बढ़ाती है। यह ख़ासतौर पर तब ज़्यादा प्रभावी है जब हम समूह में हँसते हैं। जब लोग समूह में हँसते हैं उनकी साझा ख़ुशी, उनके बीच सामाजिक बन्धन बनाने, बढ़ाने और बनाए रखने में मदद करती है।

दरअसल, वैज्ञानिकों का मानना है कि हँसी के समाज-समर्थक प्रभाव ने प्रारम्भिक मानव समाजों को अन्य प्रायमेट जन्तुओं से ज़्यादा फैलने में मदद की होगी। कैसे? मानवेतर प्राइमेट आपस में प्रगाढ़ सामाजिक सम्बन्ध बनाने के लिए एक-एक का रिश्ता बनाते थे (जैसे एक-दूसरे को सँवारना)। चूँकि इस तरह की अन्तर्क्रिया के आधार पर प्रगाढ़ मेल-जोल रखने में काफ़ी समय देना पड़ता था, इस तरह के प्रगाढ़ सम्बन्ध और उनके आधार पर बड़े-बड़े समूह नहीं बन पाते थे। मनुष्यों में, हँसी वह शुरुआती गुणधर्म रहा होगा जो कई व्यक्तियों को एक साथ सामाजिक सम्पर्क करने में मदद करता था और वह भी बिना स्पर्श किए। इन सामाजिक बन्धनों ने ऐसे अन्तरंग समूह व समुदाय बनाने में मदद की होगी जो मानवेतर प्रायमेट की तुलना में कहीं अधिक बड़े थे, और फिर धर्म व संस्कृति के विकास के साथ मानव समाजों को और बड़ा होने में मदद मिली होगी।

हँसने की शुरुआत के बाद हँसी का विकास छोटी-सी खिलन्दड़ी हँसी से लेकर कई प्रकार से हुआ, और आज हमारे सामाजिक जीवन में इसके कई अर्थ हैं। मनुष्यों के उद्विकास में हम शायद हँसी के महत्त्व को पूरी तरह समझ नहीं पाए हैं, लेकिन यह हमारे सामाजिक जीवन और स्वास्थ्य का एक महत्त्वपूर्ण हिस्सा है। इसलिए आप अपने दोस्तों से मिलिए और खूब हँसिए (और रूबरू मिलना सम्भव न हो तो ऑनलाइन तो हँस ही सकते हैं)।



Credit: Sourced from Pickpik (royalty-free image). URL: https://www.pickpik.com/school-children-happy-smile-joy-smiling-75188. License: CC0.



विजेता रघुराम भारतीय जीवविज्ञान, बेंगलूरु के शिक्षा विभाग में कार्यक्रम प्रबन्धक हैं। वे प्रकृति के रहस्यों को जानने के लिए काफ़ी उत्सुक रहती हैं और विज्ञान को लोकप्रिय बनाने को ही सबसे महत्त्वपूर्ण काम मानती हैं। उनसे vijeta@indiabioscience.org पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** अर्पिता पाण्डे



अवलोकन सूक्ष्मजीव संसार का : विद्यार्थियों के अनुभव

मीना खरतमल

सूक्ष्मजीवों के बारे में विद्यार्थियों के मन में अनेक पूर्व-धारणाएँ होती हैं। बारिश के दिनों में छोटे-बड़े गड्ढों में पानी भर जाता है। इनका अवलोकन करके विद्यार्थियों की इन धारणाओं को सामने लाने और विद्यार्थियों को उनके आसपास पाए जाने वाले विविध प्रकार के सूक्ष्मजीवों को सराहने का अवसर मिलता है। क्या शिक्षक इस प्रकार के अवलोकन का उपयोग विद्यार्थियों को विज्ञान की प्रक्रिया को समझने का प्रत्यक्ष अवसर देने और उनके वैज्ञानिक कौशलों का विकास करने में कर सकते हैं?

क्या आपने कभी बारिश के बाद दिखाई पड़ने वाले गड्ढों में भरे पानी का अवलोकन किया है? ऐसा हर एक अस्थाई बरसाती गड्ढा एक सूक्ष्म पारिस्थितिक तंत्र (micro-ecosystems) के समान कार्य करता है। इसमें कई विविध प्रकार के सूक्ष्म जीवधारी पनपते हैं जो स्थान और मौसम के अनुसार बदलते रहते हैं। प्राकृतिक जगत के इस प्रकार के अवलोकन न केवल विज्ञान के कामकाज को समझने के लिए, अपितु कक्षा में अध्ययन-अध्यापन के लिए भी महत्त्वपूर्ण होते हैं। वास्तव में, विज्ञान में रूचि की शुरुआत अपने निकट के परिसर के ऐसे अवलोकनों से होती है जो हमारी जिज्ञासा को आकर्षित करते हैं।

अपने स्कूल में और उसके आसपास स्थित इस प्रकार के सूक्ष्म पारिस्थितिक तंत्रों का अध्ययन करने के लिए विद्यार्थियों को प्रेरित करने के उद्देश्य से हमने एक अधिगम इकाई विकसित की जिसमें विद्यार्थियों के द्वारा स्वयं करने लायक़ सरल प्रयोग शामिल किए गए हैं। इस इकाई को हमने कुछ स्कूलों के शिक्षकों के साथ साझा किया (देखें **बॉक्स-1**)। यह लेख इनमें से एक शिक्षक द्वारा कक्षा 8 के 20 विद्यार्थियों के साथ प्राप्त अनुभवों के आधार पर विकसित किया गया है।

सूक्ष्मजीवों के बारे में विद्यार्थियों की पूर्व-धारणाएँ

सूक्ष्मजीवों, हमारे आसपास उनकी उपस्थिति और "जीवन" तथा "सुप्तावस्था" (dormancy) जैसी धारणाओं के बारे में विद्यार्थियों के पूर्व ज्ञान की पड़ताल करने के उद्देश्य से उनसे स्कूल के आसपास स्थित

बॉक्स-1 : पाठ्यक्रम से जुड़ाव के उदाहरण

एनसीईआरटी की कक्षा 8 की पाठ्यपुस्तक को देखने पर पता चला कि इस अधिगम इकाई में हम जिन उद्देश्यों, अवधारणाओं तथा गतिविधियों की पड़ताल करते हैं उनसे कम-से-कम दो अध्याय (2 तथा 8) सीधे तौर पर जुड़े हैं।

- **अध्याय 2** : 'सूक्ष्मजीव : मित्र एवं शत्रु' में दो गतिविधियाँ (2.1 और 2.2) हैं जिनका उद्देश्य सूक्ष्मदर्शी का उपयोग करते हुए मिट्टी के नमूनों तथा गड्ढों के पानी में सूक्ष्मजीवों के प्रत्यक्ष अवलोकन की कुशलता विकसित करना है। इस अधिगम इकाई का विकास इन्हीं गतिविधियों को आगे बढ़ाते हुए किया गया है ताकि माध्यमिक स्कूलों के विद्यार्थियों में अवलोकन करने, रिकॉर्ड करने, चित्र बनाने, वर्णन करने तथा मापन जैसे कौशल विकसित हो सकें जो विज्ञान सीखने के लिए ज़रूरी हैं।
- **अध्याय 8** : 'कोशिका संरचना एवं प्रकार्य' में सूक्ष्मदर्शी के उपयोग के बारे में एक विस्तृत खण्ड है। यह अधिगम इकाई सूक्ष्मजीवों का अवलोकन सूक्ष्मदर्शी की सहायता से करने का प्रत्यक्ष अवसर प्रदान करती है।

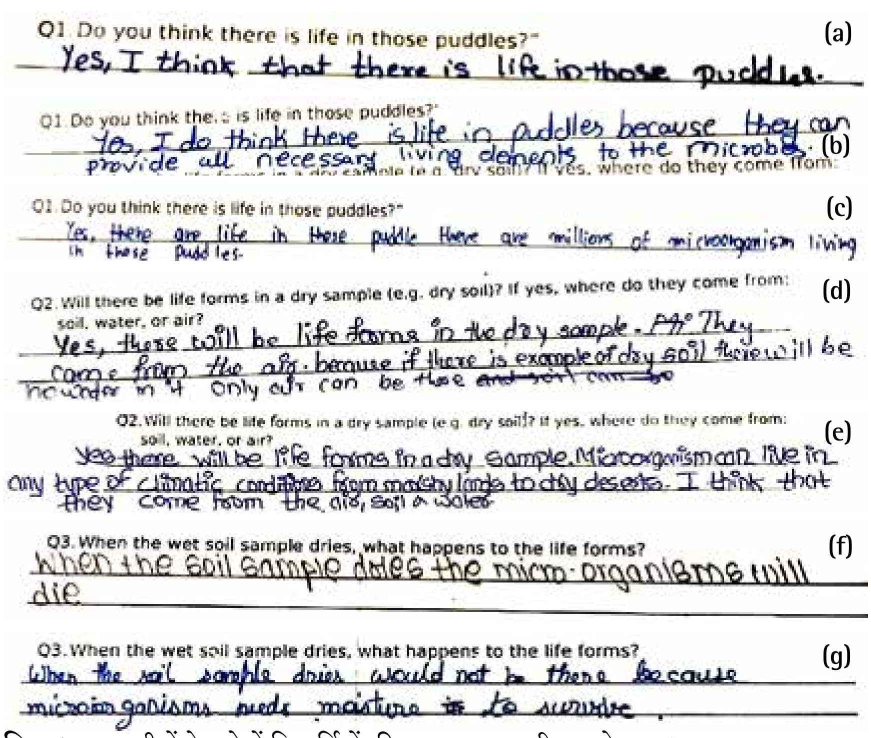
अधिक-से-अधिक पानी से भरे गड्ढों का अवलोकन करने के लिए कहा गया। सूक्ष्मजीवों के बारे में उनके विचारों में झाँकने के लिए विद्यार्थियों से निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर देने को कहा गया :

(क) सूक्ष्मजीवों का अस्तित्व

जब विद्यार्थियों से पूछा गया, ''क्या आप सोचते हैं कि पानी से भरे गड्ढों में जीवन है?'' तो उन्होंने 'हाँ' में उत्तर देकर दर्शा दिया कि उन्हें सूक्ष्म जीवन के बारे में भान था। कुछ विद्यार्थियों ने कारण भी बताए, ''...चूँकि ये गड्ढे सूक्ष्मजीवों को सभी आवश्यक जैविक तत्व प्रदान कर सकते हैं।'' रोचक बात यह थी कि कुछ विद्यार्थियों ने यह विश्वास व्यक्त किया कि 10 सेमी व्यास के छोटे-छोटे गड्ढों में भी लाखों सूक्ष्मजीव रह सकते हैं (देखें **चित्र-1a**, **1b** और **1c**)

(ख) सूक्ष्मजीवों के स्रोत

जब पूछा गया कि, ''क्या किसी सूखे नमूने (उदाहरण के लिए सूखी मिट्टी) में जीव होंगे? यदि हाँ, तो वे कहाँ से आते होंगे – मिट्टी से, पानी से या हवा से?" तो अधिकांश विद्यार्थियों ने यह विश्वास व्यक्त किया कि सूखी मिट्टी में भी सूक्ष्मजीव हो सकते हैं। अनेक ने इसके समर्थन में कहा कि, "यह ज्ञात है कि सूक्ष्मजीव दलदली भूमि से ले कर सूखे रेगिस्तान तक किसी भी प्रकार की जलवायु में जीवित रह सकते हैं।" अधिकांश विद्यार्थियों का मत था कि हवा सूक्ष्मजीवों का प्राथमिक स्रोत है (देखें **चित्र-1d**)। उदाहरण के लिए, अनेक विद्यार्थियों ने ऐसे विश्वास व्यक्त किए जैसे, ''यदि मिट्टी सूखी है तो उसमें पानी नहीं होगा, उसमें केवल हवा ही हो सकती है जिसका तात्पर्य यह हुआ कि सूखी मिट्टी के नमूने में सूक्ष्मजीव हवा से ही आ सकते हैं।" कई विद्यार्थियों ने कहा कि मिट्टी और पानी भी सूक्ष्मजीवों के स्रोत के रूप में कार्य कर सकते हैं। रोचक बात यह थी कि अनेक विद्यार्थी, जो यह मानते थे कि हवा सूक्ष्मजीवों का स्रोत है, वे यह नहीं मानते थे कि पानी भी एक स्रोत हो सकता है।



चित्र-1 : सूक्ष्मजीवों के बारे में विद्यार्थियों की समझ पर आधारित उनके उत्तर।

बॉक्स-2 : सूक्ष्मजीवों में सुप्तावस्था

सूक्ष्मजीवों में उच्चतर कार्यिकीय (physiological) सहनशीलता होती है और वे धीमी उपापचयात्मक गतिविधि की अवस्था में रह सकते हैं जो उत्क्रमणीय होती है। सुप्तावस्था नामक इस क्षमता से उन्हें विपरीत पर्यावरणीय परिस्थितियों का सामना करने में सहायता मिलती है। सुप्तावस्था न केवल सूक्ष्मजीवों को मृत्यु तथा सम्भावित विलोपन से बचाती है, बल्कि यह पारिस्थितिक तंत्र की स्थिरता तथा जैव विविधता में भी भूमिका निभाती है।

चित्र-1 में दिए गए प्रश्न-उत्तर

प्रश्न-1 : क्या आप सोचते हैं कि पानी से भरे उन गड्ढों में जीवन है?

उत्तर : हाँ, मेरे विचार से उन गड्ढों में जीवन है। **(a)**

हाँ, मेरे विचार से उन गड्ढों में जीवन है। वे सूक्ष्मजीवों को सभी आवश्यक जैविक तत्व प्रदान कर सकते हैं। **(b)**

हाँ, उन गड्ढों में जीवन है। उन गड्ढों में लाखों सूक्ष्मजीव रहते हैं। **(c)**

प्रश्न-2 : क्या सूखी मिट्टी जैसे किसी सूखे नमूने में जीवधारी हो सकते हैं? यदि हाँ, तो वे कहाँ से आते होंगे- मिट्टी से, पानी से या हवा से?

उत्तर : हाँ, सूखे नमूने में जीवधारी होंगे। वे हवा से आते हैं क्योंकि अगर मिट्टी का नमूना सूखा है तो उसमें पानी नहीं होगा, केवल हवा हो सकती है। **(d)**

हाँ, सूखे नमूने में जीवधारी होंगे। सूक्ष्मजीव नम भूमि से ले कर सूखे रेगिस्तान तक किसी भी प्रकार की जलवायु में रह सकते हैं। मुझे लगता है कि वे हवा, मिट्टी और पानी से आते हैं। **(e)**

प्रश्न-3 : गीली मिट्टी के नमूने के सूख जाने पर जीवधारियों का क्या होता है?

उत्तर : मिट्टी के नमूने के सूख जाने पर सूक्ष्मजीव मर जाएँगे। **(f)**

मिट्टी के नमूने के सूख जाने पर वे नहीं होंगे क्योंकि सूक्ष्मजीवों को जीने के लिए नमी की आवश्यकता होती है। **(g)**

(ग) जीवन/ सुप्तावस्था (Survival/ dormancy)

विद्यार्थियों से यह पूछा गया, ''जब पानी से भरा कोई गड्ढा सूख जाता है या गीली मिट्टी सूख जाती है तब उसमें रहने वाले जीवधारियों का क्या होता है?'' तब सूक्ष्मजीवों के जीने के लिए आवश्यक कारकों की समझ को लेकर उनमें विरोधाभास और भ्रम दिखाई दिए। कई विद्यार्थियों को विश्वास था कि सूक्ष्मजीवों के जीने के लिए पानी अनिवार्य है और उसकी अनुपस्थिति में वे मर जाएँगे (**चित्र1-f** और **1g**)। यह विचार इस प्रकार के उत्तरों में झलकता था, ''यदि पानी नहीं होगा तो सूक्ष्म जीव मर जाएँगे'' या ''जब मिट्टी का नमूना सूख जाएगा तब सूक्ष्म जीव मर जाएँगे।'' अन्य विद्यार्थियों की मान्यता थी कि पानी की अनुपस्थिति के प्रति विभिन्न प्रकार के सूक्ष्मजीवों की प्रतिक्रिया अलग-अलग प्रकार की होगी। उदाहरण के लिए, कुछ का मत था कि, ''मिट्टी के नमूने के सूख जाने पर उसमें सूक्ष्म जीवों की संख्या कम हो जाएगी।'' कुछ अन्य का विचार था कि, ''जब मिट्टी का नमूना सूख जाता है तब कुछ सूक्ष्मजीव बचे रह जाते हैं क्योंकि हमें पता है

बॉक्स-3 : विद्यार्थियों द्वारा सूक्ष्मदर्शी की सहायता से अवलोकन सुलभ बनाना

इस कार्य की शुरुआत शिक्षक इस प्रकार कर सकते हैं :

- सूक्ष्मदर्शी, उसके भागों और हर भाग के कार्य से विद्यार्थियों का परिचय करवाना। इसे स्लाइड्स के अवलोकन की गतिविधि के साथ जोड़ा जा सकता है।
- स्लाइड्स बनाने और सूक्ष्मदर्शी की सहायता से उनका अवलोकन करने में विद्यार्थियों की सहायता करना। इसके लिए आई पीस से देखना, ऑब्जेक्टिव को फ़ोकस करना, स्लाइड को उचित स्थिति में रखना, प्रकाश का समायोजन करना और कुल आवर्धन की गणना करना।

बॉक्स-4 : सूक्ष्मजीवों का अवलोकन कीजिए, उनके चित्र बनाइए और उनका रिकॉर्ड बनाइए

विद्यार्थियों के लिए मार्गदर्शन :

- नमूने की एक बूँद को स्लाइड पर रख कर स्लाइड बनाइए। इसके ऊपर आप कवर स्लिप रख सकते हैं।
- सूक्ष्मदर्शी की सहायता से स्लाइड का अध्ययन कीजिए। स्लाइड के सभी क्षेत्रों का अवलोकन करके आपको जितनी विभिन्न प्रकार की वस्तुएँ दिखाई देती हैं उनको रिकॉर्ड कीजिए।
- आवर्धन को बदल कर उन्हीं वस्तुओं को आवर्धित रूप में देखने का प्रयास कीजिए। दृश्य क्षेत्र में दिखाई पड़ने वाले जीवधारियों का सावधानीपूर्वक अवलोकन कीजिए और उनकी सापेक्ष साइज़ को नोट कीजिए।

विद्यार्थियों की वर्कशीट के लिए प्रश्न :

- सूक्ष्मदर्शी के दृश्य क्षेत्र में आपको क्या दिखाई दे रहा है? संख्या, साइज़, आकृति, रंग, गतिशीलता आदि के सन्दर्भ में इसका विवरण अपने स्वयं के शब्दों में दीजिए।
- क्या आप सोचते हैं कि आपको दिखाई दे रही वस्तुएँ सजीव हैं या निर्जीव ? आप ऐसा क्यों सोचते हैं?
- आपने जो अवलोकन किया है उसका चित्र सादे काग़ज़ पर या ग्राफ़ पेपर (यह शिक्षक द्वारा दिया जाएगा) पर बनाइए। शुरुआत करने के लिए पहले आप अपने दृश्य क्षेत्र का वृत्त बना सकते हैं और फिर इस वृत्त में लगभग उन सभी सूक्ष्मजीवों के चित्र उनकी स्थिति, साइज़, आकृति, रंग आदि के अनुसार बनाइए जिनका आप अवलोकन कर रहे हैं।
- सूक्ष्मदर्शी का आवर्धन बदल कर विभिन्न आवर्धनों पर उन्हीं सूक्ष्मजीवों के चित्र सादे या ग्राफ़ पेपर पर बनाइए। आप दृश्य क्षेत्र के वृत्त के भीतर चित्र बनाने की वही विधि अपना सकते हैं।
- दिखाई देने वाले जीवधारियों को पहचानने का प्रयास कीजिए। इसके लिए शिक्षक द्वारा दी गई मार्गदर्शिका का उपयोग उन जीवधरियों को पहचानने के लिए कीजिए जो आपके द्वारा स्लाइड पर किए गए अवलोकनों के सबसे अधिक निकट हों।
- उन जीवधारियों के नाम लिखिए जो कुंजी में दिए गए चित्रों के अधिक समान हों।

शिक्षकों के लिए सुझाव :

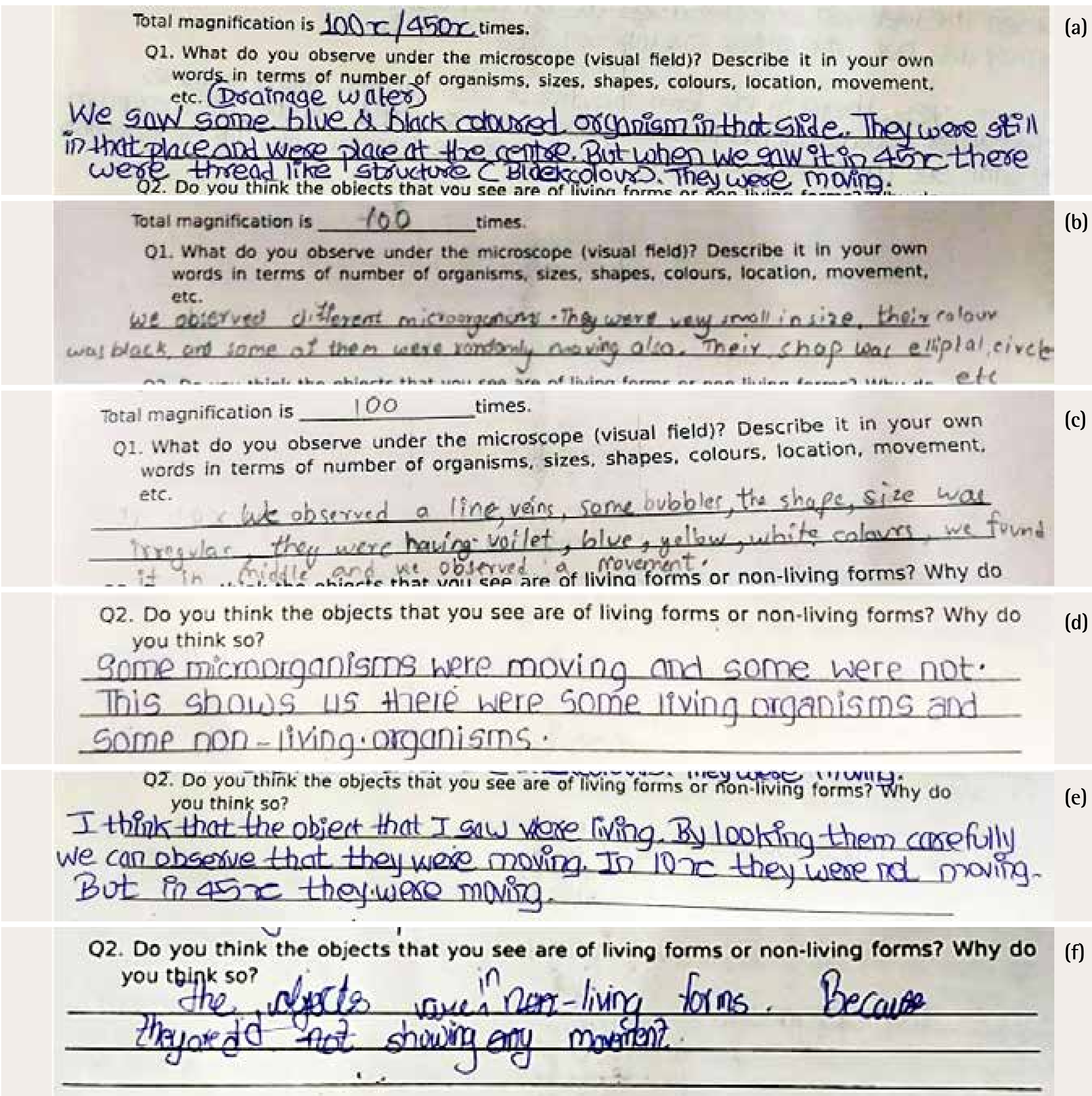
विद्यार्थियों द्वारा उनके अवलोकनों को रिकॉर्ड कर लिए जाने के बाद उन्हें एक-दूसरे की स्लाइड्स को देखने तथा उनके नोट्स और चित्रों की तुलना करने के लिए प्रोत्साहित किया जाना चाहिए। इसके बाद कक्षा में विद्यार्थियों के अवलोकनों पर चर्चा की जा सकती है। इसमें विभिन्न नमूनों में जीवधारियों की विविधता पर बल दिया जाना चाहिए।

कि सूक्ष्मजीव हर प्रकार की जलवायु में रह सकते हैं।'' इस प्रकार के उत्तर सुप्तावस्था के बारे में थोड़ी समझ को दर्शाते हैं (देखें **बॉक्स-2**)। एक विद्यार्थी ने यह विश्वास व्यक्त किया कि सूखी मिट्टी में सूक्ष्म जीवों का जीना इस पर निर्भर करेगा कि वे धूप की गर्मी से सूखने के प्रति कितने सहनशील हैं। ''जब गीली मिट्टी का नमूना सूख

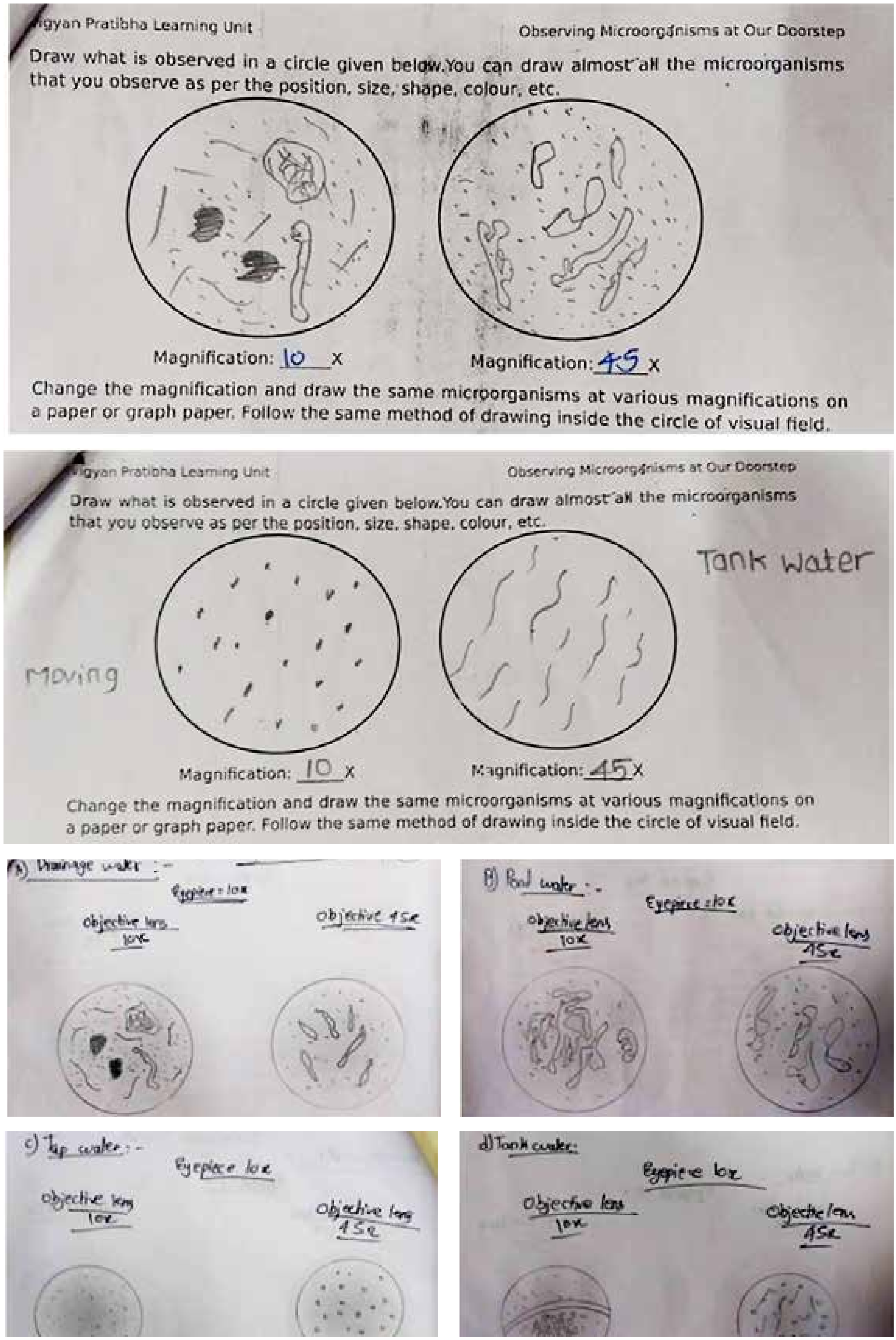
बॉक्स-5 : अपने आसपास के नमूनों को खोजने और उन्हें एकत्रित करने के लिए विद्यार्थियों का मार्गदर्शन

अपने घर में या घर अथवा स्कूल के आसपास पानी से भरे गड्ढों को खोजिए और पानी का नमूना चम्मच से उठा कर एक पात्र में रखिए। किसी सूखे स्थान से चम्मच की सहायता से मिट्टी का नमूना उठा कर किसी अन्य पात्र में रखिए। इसमें पानी की कुछ बूँदें डाल कर उसे मिट्टी नीचे बैठ जाने तक रखा रहने दीजिए।

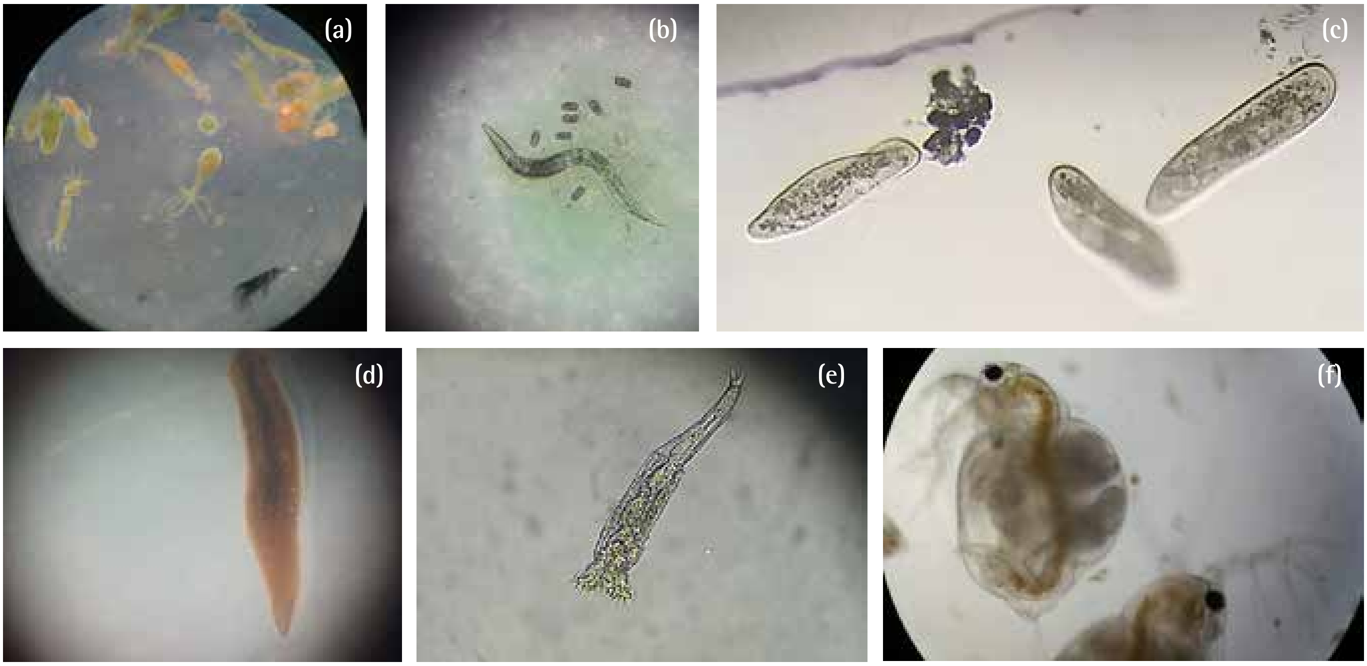
एक लेबल पर एकत्रित किए गए नमूनों पर अपना नाम, दिनाँक और एकत्रित करने का स्थान तथा समय लिखिए। साथ ही, यह भी लिखिए कि नमूना गीला है या सूखा।



चित्र-2 : मिट्टी के नमूने में सूक्ष्मदर्शी से देखे जाने वाले सूक्ष्मजीवों का विद्यार्थियों द्वारा दिया गया विवरण।



चित्र-3 : विद्यार्थियों द्वारा बनाए गए चित्र । गटर, पोखर, नल और टंकी से एकत्रित नमूनों में सूक्ष्मजीवों की विविधता दर्शाते हैं। दो आवर्धनों में से बनाए गए सूक्ष्मजीवों के चित्र एक-दूसरे से बिल्कुल भिन्न हैं।



चित्र- 4 : देखे गए कुछ जीवधारी : (a) हाइड्रा (b) नेमेटोड (c) पैरामिशियम (d) प्लेनेरिया (e) रोटिफ़र (f) जल पिस्सू ।

जाता है तब बैक्टीरिया जैसे जीवधारी वहाँ जीवित रह सकते हैं, किन्तु कुछ सूक्ष्मजीव उस तापक्रम का सामना नहीं कर सकते।'' एक अन्य विद्यार्थी ने यह आश्चर्यजनक विश्वास व्यक्त किया कि, ''जब मिट्टी का नमूना सूख जाता है तब जिन जीवधारियों को पानी की आवश्यकता होती है वे मर सकते हैं किन्तु अन्य जीवधारी उसमें जीवित रह सकते हैं।'' ऐसा प्रतीत होता है कि यह विद्यार्थी मानता था कि कुछ जीवधारियों को जीने के लिए पानी की आवश्यकता नहीं होती।

ऐसा प्रतीत हुआ कि अनेक विद्यार्थी पानी की उपस्थिति या अनुपस्थिति को ही सूक्ष्मजीवों के जीने के लिए एकमात्र अनिवार्य कारक मानते थे। इस कक्षा के विद्यार्थी यद्यपि सरिसृपों तथा स्तनधारियों की शीतनिद्रा (hibernation) से प्रायः परिचित होते हैं, उनमें अभी यह समझ विकसित नहीं हुई है कि सूक्ष्मजीव सुप्तावस्था की स्थिति में भी जीवित हो सकते हैं। यह इसलिए हो सकता है कि विज्ञान की पाठ्यपुस्तकों में अवधारणा के स्तर पर सूक्ष्मजीवों की सुप्तावस्था का उल्लेख नहीं किया जाता। यदि किया भी जाता है तो विद्यार्थियों के लिए इस अवधारणा को सूक्ष्मजीवों से जोड़ने में कठिनाई होती होगी। इस सरल अभ्यास से विद्यार्थियों को सूक्ष्मजीवों की सुप्तावस्था को समझने और उसे बड़े जन्तुओं की शीतनिद्रा तथा ग्रीष्मनिद्रा (aestivation) से जोड़ने में मदद मिलेगी। इससे उन्हें पर्यावरण, पारिस्थितिक तंत्र, विविधता, उत्तरजीविता तथा जैवविकास (evolution) जैसी अवधारणाओं और सूक्ष्मजीवों

बॉक्स-6 : सूक्ष्मजीवों की साइज़ का मापन तथा अनुमान लगाना

विद्यार्थियों के लिए मार्गदर्शन :

एक पारदर्शी स्केल (मिमी में विभाजित) को सूक्ष्मदर्शी के ऑब्जेक्टिव लेंस (10x) के नीचे रखिए और आई पीस में से अवलोकन कीजिए। हम दृश्य क्षेत्र में स्केल के दो विभाजन देख सकते हैं। चूँकि दो विभाजनों के बीच की दूरी 1 मिमी है, हम यह जान गए हैं कि दृश्य क्षेत्र का व्यास 1 मिमी (या 1000 माइक्रॉन्स) है। हम इस नाप का उपयोग सूक्ष्मदर्शी में दिखाई देने वाले सूक्ष्म जीवों के आपेक्षिक साइज़ का अनुमान लगाने के लिए कर सकते हैं।

विद्यार्थियों की वर्कशीट के लिए प्रश्न :

दृश्य क्षेत्र.....मिमी = ...माइक्रॉन्स

देखे गए सूक्ष्म जीवों की साइज़ = ...माइक्रॉन्स

दृश्य क्षेत्र = ... मिमी = ...माइक्रॉन्स

देखे गए सूक्ष्म जीवों की साइज़ = ...माइक्रॉन्स

शिक्षकों के लिए सुझाव :

शिक्षकों को इस अध्ययन के लिए सूक्ष्मदर्शी का अंश-शोधन (कैलिब्रेट) करना पड़ सकता है और विद्यार्थियों का परिचय 1 मिमी = 1000 माइक्रॉन्स के सरल रूपान्तरण से करवाना पड़ सकता है। उन्हें इस विधि से साइज़ का अनुमान लगाने में विद्यार्थियों का मार्गदर्शन भी करना पड़ सकता है।

के बीच कड़ी जोड़ने में भी सहायता मिलेगी।

(घ) हमारे आसपास सूक्ष्मजीव

जब पूछा गया कि, ''क्या स्वच्छ पानी की बूँद में जीवधारी होंगे? आप ऐसा क्यों सोचते हैं?'' तब अनेक विद्यार्थियों ने कहा कि यह सम्भव है क्योंकि, ''स्वच्छ पानी सूक्ष्मजीवों के लिए आवश्यक सभी तत्व उपलब्ध कराता है।'' कुछ विद्यार्थियों ने सुझाव दिया सूक्ष्मजीवों की संख्या में पानी में तेज़ी से वृद्धि होती है और इसलिए उनकी संख्या काफी अधिक होगी। कुछ अन्य ने विश्वास व्यक्त किया कि स्वच्छ पानी में सूक्ष्मजीव या बैक्टीरिया हमारे लिए लाभदायक होंगे। कुछ विद्यार्थी थोड़े कम आश्वस्त थे और सोच रहे थे कि इसकी पुष्टि कैसे की जा सकती है। यह इस प्रकार के उत्तरों से स्पष्ट था कि, ''सूक्ष्मजीवों को बिना उपकरण के नहीं देखा जा सकता, फिर हम यह कैसे देख सकते हैं कि पानी की बूँद में जीवधारी हैं या नहीं।'' या ''मुझे ऐसा नहीं लगता क्योंकि पानी को शुद्ध करके स्वच्छ कर दिया गया है तो यह स्पष्ट है कि सूक्ष्मजीव भी हट गए होंगे किन्तु यह हो सकता है कि कुछ सूक्ष्मजीव पानी की उस बूँद में जीवित रह गए होंगे क्योंकि हम उन्हें देख नहीं सकते हैं।''

सूक्ष्मदर्शी द्वारा सूक्ष्मजीवों के अवलोकन को प्रोत्साहित करना

विद्यार्थियों से कहा गया कि वे विचारों को परखने के लिए मिट्टी और पानी के नमूनों का सूक्ष्मदर्शी से अवलोकन करें और नोट्स तथा चित्रों की मदद से अपने द्वारा देखे गए जीवधारियों का विवरण रिकॉर्ड करें (देखें **बॉक्स-3**)।

विद्यार्थियों ने नमूनों का अवलोकन सूक्ष्मदर्शी के दो आवर्धनों (10X तथा 45X) से किया और उनका विवरण दिया (देखें **बॉक्स-4**)। अवलोकनों के इन व्यवस्थित रिकॉर्ड्स में दृश्य क्षेत्र (visual field) में दिखाई देने वाले सूक्ष्मजीवों के रंग, आकृति, साइज़ का विवरण दिया गया है। उदाहरण के लिए, सूक्ष्मजीवों के रंग नीला, काला, जामुनी तथा बैंगनी बताए गए। इसी प्रकार, आकृतियों को अनियमित, धागे के समान, अण्डाकार और वृत्ताकार कहा गया (देखें **चित्र- 2a, 2b** तथा **2c**)।

जब यह प्रश्न पूछा गया कि, "आप इस बारे में क्या सोचते हैं कि सूक्ष्मदर्शी से दिखाई देने वाली वस्तुएँ सजीव हैं या निर्जीव ? आप कैसे कह सकते हैं?", सभी विद्यार्थियों ने यह विश्वास व्यक्त किया कि गतिशील सूक्ष्म वस्तुएँ सजीव हैं और जो गतिहीन हैं वे निर्जीव हैं (देखें **चित्र- 2d, 2e** तथा **2f**)। विद्यार्थियों को उनके स्कूल तथा घर के आसपास के विभिन्न स्थानों से मिट्टी और पानी के नमूने प्राप्त करने के लिए भी प्रोत्साहित किया गया (जैसे गटर का पानी, नल का पानी, टंकी का पानी और पोखर का पानी) (देखें **बॉक्स-5**)। इस गतिविधि से विद्यार्थियों को उनके आसपास पाए जाने वाले सूक्ष्मजीवों की विविधता को समझने का अवसर मिला। उनके द्वारा एकत्रित किए गए नमूनों और सूक्ष्मदर्शी से किए गए उनके अवलोकनों के बीच सम्बन्ध देख सकने के कारण यह अध्ययन और भी अधिक रोमांचक हो गया।

विद्यार्थियों से कहा गया कि वे नमूनों के अवलोकनों को रिकॉर्ड करने के लिए चित्रों का उपयोग करें (देखें **चित्र-3**)। किसी पाठ्यपुस्तक से चित्र की नक़ल करने की बजाय विद्यार्थी सूक्ष्मदर्शी से जो देखते हैं उन्हें उसके चित्र बनाने के लिए प्रोत्साहित करने से उनकी अवलोकन क्षमता सुदृढ़ होती है। कुछ विद्यार्थी अपने चित्रों में गति भी दर्शा सके। अन्त में, विद्यार्थियों से कहा गया कि वे उनकी पाठ्यपुस्तक तथा हमारे द्वारा उपलब्ध कराई गई मैदानी कुंजी (Field Guide) से मिलान करके सूक्ष्मजीवों को पहचानने का प्रयास करें। वे पैरामिशियम, रोटिफ़र, नेमाटोड तथा स्पाइरोगाइरा जैसे सूक्ष्मजीवों को अपेक्षाकृत आसानी से पहचान सके। यह एक रोचक बात है कि ये सूक्ष्मजीव उनकी

चित्र-2 में दिए गए प्रश्न-उत्तर

कुल आवर्धन 100X/450X गुना है।

प्रश्न-1 : आप सूक्ष्मदर्शी में जो देख रहे हैं (दृश्य क्षेत्र) उसका जीवधारियों की संख्या, साइज़, आकृति, रंग, स्लाइड पर स्थिति, गतिशीलता आदि के सन्दर्भ अपने शब्दों में वर्णन कीजिए। (गटर का पानी)

उत्तर : हमने नीले और काले रंग के जीवधारियों को स्लाइड में देखा। वे बीचों-बीच थे और अभी भी उसी स्थान पर थे। किन्तु जब हमने उसे 45X में देखा तब हमें काले रंग की धागे के समान रचनाएँ दिखाई दीं। वे गति कर रही थीं।**(a)**

हमने विभिन्न जीवधारियों को देखा। वे साइज़ में बहुत छोटे थे। उनका रंग काला था और उनमें से कुछ बेतरतीब ढंग से गति कर रहे थे। उनकी आकृति अण्डाकार,वृत्ताकार आदि थी।**(b)**

हमने एक रेखा, शिराएँ, कुछ बुलबुले देखे।उनकी आकृति, साइज़ अनियमित थे, उनके रंग जामुनी, नीले, पीले, सफ़ेद थे। हमने उन्हें बीच में पाया और हमने उनमें गति देखी।**(c)**

प्रश्न-2 : आप जिन वस्तुओं को देख रहे हैं वे सजीव हैं या निर्जीव? आप ऐसा क्यों सोचते हैं?

उत्तर : कुछ सूक्ष्मजीव गति कर रहे थे और कुछ गति नहीं कर रहे थे। यह दर्शाता है कि कुछ सजीव थे और कुछ निर्जीव थे।**(d)**

मुझे लगता है कि मैंने जिन वस्तुओं को देखा वे जीवित थीं। ध्यान से देखने पर हम अवलोकन कर सकते हैं कि वे गति कर रही थीं। 10X में वे गति नहीं कर रही थीं किन्तु 45X में वे गति कर रही थीं।**(e)**

ये वस्तुएँ निर्जीव स्वरूप में हैं क्योंकि वे गति नहीं दर्शा रही हैं।**(f)**

पाठ्यपुस्तकों में आम उदाहरण हैं।

इन सूक्ष्मजीवों का आकार कितना सूक्ष्म है यह जानने के लिए उन्हें सूक्ष्मदर्शी के दृश्य क्षेत्र में उनके द्वारा देखे गए कुछ जीवधारियों की साइज़ या लम्बाई नापने को कहा गया। अनेक वैज्ञानिक प्रयोगशालाओं में माइक्रोस्कोप में दिखाई देने वाली वस्तुओं के साइज़ या लम्बाई नापने के लिए माइक्रोमीटर स्लाइड का उपयोग किया जाता है। स्कूलों की जिन प्रयोगशालाओं में माइक्रोमीटर स्लाइड नहीं होती वहाँ हमने पारदर्शी स्केल का उपयोग करते हुए साइज़ नापने की एक सरल विधि बताई (देखें **बॉक्स-6**)। चूँकि विद्यार्थी साइज़ नापने के लिए मीटर, सेंटीमीटर और मिलीमीटर समझते हैं, हमने उन्हें इन इकाइयों के रूपान्तरणों का उपयोग सूक्ष्म जीवों के साइज़ का अनुमान लगाने के लिए प्रोत्साहित किया।

विद्यार्थियों की मापन सम्बन्धी वर्क शीट्स से लगता है कि उन्हें अनुमान लगाने का कार्य समझना और करना कठिन लगा। इकाइयों का रूपान्तरण, जैसे मिलीमीटर का माइक्रॉन्स में, एक प्रमुख चुनौती थी। हर एक वस्तु की साइज़ की गणना करने के लिए पूरे दृश्य क्षेत्र की साइज़ को सभी वस्तुओं की संख्या से भाग देने की प्रवृत्ति विद्यार्थियों में देखी गई। चूँकि दृश्य क्षेत्र में वस्तुएँ एक-दूसरे से समान दूरी पर स्थित नहीं थीं, अतः इस विधि से हर सूक्ष्मजीव की साइज़ की बजाय दृश्य क्षेत्र की साइज़ का अनुमान ही लगाया जा सकता था। सम्भवतः विद्यार्थियों को यह गणना, मापन की इकाइयाँ तथा रूपान्तरण की विधि आदि समझाने के लिए अधिक ध्यान तथा समय देना होगा।

चलते-चलते

सूक्ष्म जीवों की उपस्थिति, स्रोत और सुप्तावस्था के बारे में विद्यार्थियों की पूर्व-धारणाओं की जानकारी प्राप्त करना इस शैक्षिक अधिगम इकाई (pedagogical learning unit) का उद्देश्य है। इससे विद्यार्थियों को पाठ्यक्रम की सूक्ष्मजीवों से सम्बन्धित अवधारणाओं को उनके स्वयं के आसपास पाए जाने वाले सूक्ष्मजीवों से जोड़ने में सहायता मिलेगी।

यह उन्हें अवलोकन करने, परिकल्पना बनाने, चित्र बनाने तथा नापने जैसे वैज्ञानिक कौशलों का विकास करने का अवसर भी प्रदान करती है। कक्षा में उठने वाले सभी प्रश्नों के सही उत्तरों के लिए विद्यार्थी प्रायः शिक्षक पर निर्भर होते हैं। ऐसा होने पर अधिकांश विद्यार्थी या तो शिक्षक के उत्तर की नक़ल कर लेते हैं या स्वयं के उत्तर के स्थान पर उसे लिख लेते हैं। इस इकाई के अभ्यासों का निर्माण इस प्रकार किया गया है कि विद्यार्थियों को सोचने, तर्क करने तथा अपने अवलोकनों की स्वयं के शब्दों में व्याख्या करने में सहायता मिल सके। अतः हम शिक्षकों से अनुरोध करते हैं कि वे विद्यार्थियों को संकेत या उत्तर देने से बचें।

यहाँ चित्र बनाने की गतिविधि के महत्त्व पर ज़ोर देना आवश्यक है। जब विद्यार्थियों से अपने अवलोकनों को शब्दों में अभिव्यक्त करने को कहा जाता है तब वे प्रायः ऐसे विवरण देते हैं जो शिक्षकों के इनपुट्स पर आधारित होते हैं। इसके विपरीत, विद्यार्थियों द्वारा बनाए गए चित्रों से पता चलता है कि वे क्या सोचते हैं कि उन्होंने वास्तव में क्या देखा। चित्र बनाने से न केवल विद्यार्थियों को उनकी अवलोकन क्षमता विकसित करने में मदद मिलती है बल्कि इससे उन्हें अपने द्वारा किए गए अवलोकनों को रिकॉर्ड करने की आदत को प्रोत्साहन मिलता है।

विद्यार्थियों द्वारा विभिन्न सूक्ष्म पारिस्थितिक तंत्रों से एवं विभिन्न ऋतुओं में किए गए सूक्ष्मजीवों के रिकॉर्ड तथा संग्रहों का उपयोग स्कूल स्तर के जैव विविधता के मानचित्रण की परियोजना विकसित करने के लिए किया जा सकता है। हम शिक्षकों से अनुरोध करते हैं कि वे इस इकाई का परीक्षण अपनी कक्षा में करें और अपने अनुभवों को हमारे साथ साझा करें।

मुख्य बिन्दु



- यह अधिगम इकाई सूक्ष्मजीवों की उपस्थिति, स्रोत, तथा सुप्तावस्था के बारे में विद्यार्थियों की पूर्व-धारणाओं की पहचान करने तथा उन पर कक्षा में चर्चा करने का अवसर प्रदान करती है।
- इससे विद्यार्थियों को विज्ञान के पाठ्यक्रम में सूक्ष्मजीवों से सम्बन्धित अवधारणाओं को उनके स्वयं के आसपास पाए जाने वाले विविध सूक्ष्मजीवों से जोड़ने में सहायता मिलती है।
- यह विद्यार्थियों को अवलोकन करने, परिकल्पना बनाने, चित्र बनाने और मापन जैसे वैज्ञानिक कौशलों का विकास करने का अवसर भी प्रदान करती है।

आभार : परमाणु ऊर्जा विभाग, भारत सरकार के प्रोजेक्ट आइडेन्टिफिकेशन नम्बर RTI4001 के अन्तर्गत प्राप्त समर्थन के लिए लेखिका आभारी है। नागार्जुन जी, एम.सी.अरूणन, अंकुश गुप्ता को इस अधिगम इकाई का विकास करने के लिए तथा मयूरी तावड़े और सुषमा राऊल को भी कक्षा में अवलोकनों का संचालन करने के लिए धन्यवाद। इसी प्रकार, इस अधिगम इकाई का उपयोग करने के लिए अणुशक्ति केन्द्रीय विद्यालय, मुम्बई के विद्यार्थियों तथा शिक्षकों के प्रति धन्यवाद प्रकट करने में मुझे प्रसन्नता हो रही है।

टिप्पणियाँ :

1. इस लेख में दी गई गतिविधियों का विकास CUBE (Collaboratively Understanding Biology Education) प्रयोगशाला के भाग के रूप में किया गया। इस कार्यक्रम का उद्देश्य विद्यार्थियों को परियोजना आधारित विज्ञान प्रयोगों से जोड़ना है। CUBE कार्यक्रम के बारे में अधिक जानकारी https://www.gnowledge.org/projects/cube.html और https://metastudio.org पर प्राप्त की जा सकती है।
2. गतिविधियों पर आधारित इस अधिगम इकाई का विकास विज्ञान प्रतिभा परियोजना के एक भाग के रूप में किया गया। इस परियोजना का उद्देश्य स्कूली पाठ्यक्रम से सम्बन्धित अधिगम इकाइयों के माध्यम से वैज्ञानिक कौशलों का विकास करना है। वर्तमान में इन अधिगम इकाइयों का क्रियान्वयन केन्द्रीय विद्यालयों, जवाहर नवोदय विद्यालय तथा परमाणु ऊर्जा केन्द्रीय विद्यालयों के शिक्षकों के द्वारा किया जा रहा है। यह पूरी अधिगम इकाई विद्यार्थियों की वर्कशीट तथा शिक्षक मार्गदर्शिका के साथ https://vigyanpratibha.in/index.php/microorganismsat-our-doorstep/ पर उपलब्ध है। कक्षा 8 और 9 के लिए अन्य विविध अधिगम इकाइयाँ तथा परियोजना के बारे में अधिक जानकारी https://vigyanpratibha.in/ पर देखी जा सकती है।
3. लेख के शीर्षक की पृष्ठभूमि में उपयोग किए गए चित्र का स्रोत https:// pixabay.com/photos/trees-mirroring-puddle-rainwater1932148-/. Credits: Peggy_Marco, Pixabay. License : CC0



मीना खरतमल होमी भाभा सेंटर फॉर साइंस एजुकेशन, टीआईएफआर, मुम्बई में कार्यरत हैं। वे मिडिल और हाई स्कूल स्तर के विज्ञान के माड्यूल विकसित करने के काम से जुड़ी हैं। वे क्यूब (CUBE) प्रोजेक्ट के जीवविज्ञान शिक्षा शोध कार्य से भी जुड़ी हैं। उनसे meena@hbcse.tifr.res.in पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** अरविन्द गुप्ते



प्रकृति की पोटली

घरों में छिपे मित्र

दीवार पर लगा पेंट का एक टुकड़ा चल रहा है क्या? रात में जब मैं सो रही होती हूँ तो रसोई की सफ़ाई कौन कर जाता है? दीवार के कोने में बने एक छोटे-से सफ़ेद तम्बू में कौन रहता है?

क्या तुमने अपने आपसे ऐसे सवाल किए हैं/पूछे हैं?

हमारे घरों, बालकनियों में, बग़ीचे में, दीवारों में काफ़ी जीव विविधता हमारे साथ अमन से रहती है। पिछले साल लॉकडाउन के चलते, इनके साथ वक्त बिताने का अवसर मिला और क़ुदरत से साथ जुड़ने का नया अन्दाज़ मिला।

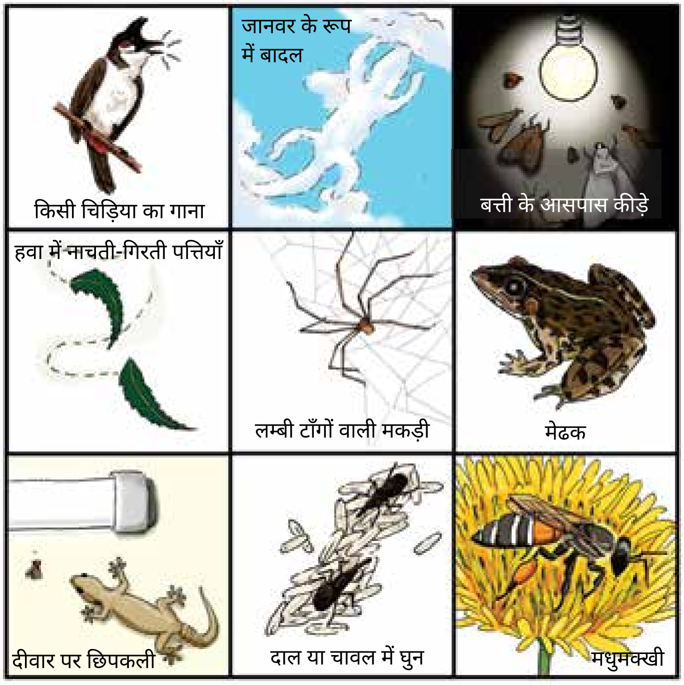
लेकिन एक मिनट – 'क़ुदरत' है क्या? कहाँ मिलती है? क्या इसके अजूबे सिर्फ़ दूर-दराज़ किसी जंगल में पाए जाते हैं?

टेबल के नीचे, फ़ोटो फ्रेम के पीछे, लगातार सुनाई देने वाली आवाज़ की खोज में या अनाज की बोरी के अन्दर भी एक पूरा जहान तुमको खोजबीन करने के लिए मिल जाएगा। इन 'छुपे घरेलू' साथियों की जाँच-पड़ताल, अवलोकन करना बहुत मज़ेदार होता है।

हमने तीन बिंगो गतिविधियाँ बनाई हैं जो तुम डाउनलोड या प्रिंट कर सकते हो, या फिर अपनी नोटबुक में भी बना सकते हो। इनसे तुमको आस-

प्रकृति की पोटली : छिपे मित्र-1

अपने घर के अन्दर, खिड़की के बाहर, दरवाजों के पीछे, गमले के नीचे - इस टेबल में ऊपर से नीचे या दाएँ से बाएँ की किसी भी लाइन में तीनों चीज़ ढूँढ़ कर कहिये 'पोटली'!



आया है वक़्त अपनी होशियारी आज़माने का !
कीड़े बत्तियों या प्रकाश स्रोतों के आसपास क्यों इकट्ठा होते हैं ? आपको कितने प्रकार के कीड़े दिखे? क्या कोई अन्य जानवर भी दिखे आपको? एक दोस्त (एक कीट /जानवर) चुनें, उन्हें नाम दें और अगले कुछ दिनों में उनको ध्यान से देखें। क्या वे लौटते हैं? क्या आप उनके बारे में एक कविता/कहानी/गीत लिख सकते हैं? अपनी कल्पना का प्रयोग करें और चित्र भी बनाएँ!

Nature Classrooms   nature conservation foundation

पड़ोस में रहने वाले जीव-जन्तुओं की जानकारी मिलेगी। ये गतिविधि शीट्स यहाँ भी उपलब्ध हैं: https://www.ncf-india.org/blog/hidden-house-mates-part-1. हर बिंगो शीट में 9 छुपे घरेलू साथियों से तुम्हारा परिचय होगा। ये शीट्स एक मार्गदर्शक की तरह तुम्हें अपने आसपास इन जीवों को ढूँढ़ ने में मदद करेंगी।

इन्हें ढूँढ़ने पर शायद तुम्हारे मन में और सवाल आएँ : ये कौन हैं, ऐसा क्यों करते हैं। बिंगो शीट्स से तुम इनके बारे में और जान सकते हो। हर उम्र के बच्चों के लिए रिसोर्सेज़ और गतिविधियों की सूची तीनों शीट्स में मिलेगी। हिन्दी के अलावा ये कन्नड़ और अँग्रेज़ी में भी उपलब्ध हैं।

तो खिड़की के बाहर, गमले के नीचे या पड़ोस में रहने वाले छुपे घरेलू साथियों से मुलाक़ात करने के लिए तैयार हो जाओ!

प्रकृति की पोटली : छिपे मित्र-3

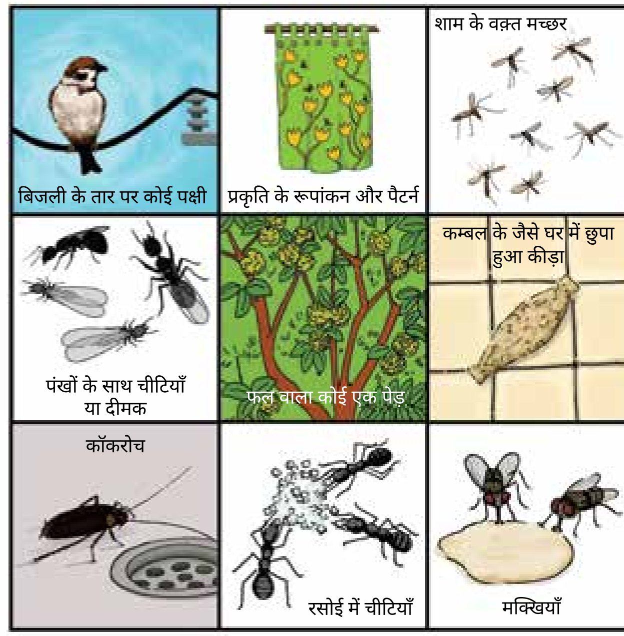
अपने घर के अन्दर, खिड़की के बाहर, दरवाजों के पीछे, गमले के नीचे - इस टेबल में ऊपर से नीचे या दाएँ से बाएँ की किसी भी लाइन में तीनों चीज़ ढूँढ़ कर कहिये 'पोटली'!



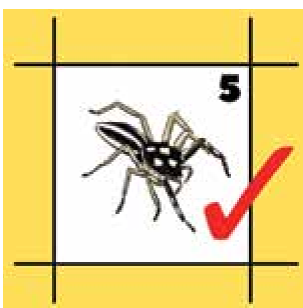
आया है वक़्त अपनी होशियारी आज़माने का !
लता और अन्य पौधों में क्या फ़र्क़ है? वे चढ़ने का कार्य कौनसे अंगों की मदद से करते हैं? पौधों को कैसे मालूम होता है कि कहाँ चढ़ना या किस दिशा में उगना? अगर आप लता होते तो आप ऐसे निर्णय किस आधार पर लेते? छोटे बच्चों को लताओं के चढ़ने की क्रिया के बारे में सिखाने के लिए एक स्टेप-बाय-स्टेप गाइड बनाएँ और उसे चित्रित कीजिए।

प्रकृति की पोटली : छिपे मित्र-2

अपने घर के अन्दर, खिड़की के बाहर, दरवाजों के पीछे, गमले के नीचे - इस टेबल में ऊपर से नीचे या दाएँ से बाएँ की किसी भी लाइन में तीनों चीज़ ढूँढ़ कर कहिये 'पोटली'!



आया है वक़्त अपनी होशियारी आज़माने का !
ध्यान से सुनें - क्या आपको मच्छरों की आवाज़ सुनाई दे रही है ? इस आवाज़ की नक़ल करने की कोशिश करें। पता लगाएँ - मच्छर इस आवाज़ में शरीर के किस भाग का इस्तेमाल करते हैं? क्या सभी मच्छरों की आवाज़ एक जैसी होती है? मच्छरों का गाना आपको कैसा लगता है, इसकी एक तस्वीर तयार करें।



5.
कल्पना करो कि तुम्हारी 8 आँखें और 8 पैर होते, जैसे कि मकड़ी के होते हैं। तो तुम्हारे जीवन में क्या बदलाव आता? तुम्हारे कपड़े कैसे होते? एक चित्र या कार्टून बनाओ।

नेचर क्लासरूम्स स्कूल और शिक्षकों के द्वारा शिक्षा को प्रकृति के साथ जोड़ने का काम करता है। वेना कपूर, रोशनी रवि और लबोनी राय इसका हिस्सा हैं। वे प्रकृति पर प्रासंगिक और सुदृढ़ लर्निंग रिसोर्सेज़ तैयार करते हैं। ये रिसोर्सेज़ प्रायमरी स्कूल के पर्यावरण पाठ्यक्रम से ताल-मेल रखते हैं। नेचर क्लासरूम्स शिक्षकों की क्षमता वर्धन पर भी काम करता है। **अनुवाद :** भाविनी पन्त



पोटोमीटर के साथ मेरे कुछ अनुभव

किशोर पंवार

मिट्टी से पानी पौधे के सबसे दूर के भागों तक कैसे पहुँच पाता है? और कितनी तेज़ी से पहुँचता है? पोटोमीटर नामक एक उपकरण के ज़रिए इन सवालों की खोज की जा सकती है। लेकिन पारम्परिक पोटोमीटर महँगे होते हैं और उनका सेट-अप भी कठिन होता हैं। इन्हें कम लागत का कैसे बनाएँ ताकि विद्यार्थियों को प्रयोग करने के लिए प्रोत्साहित हों?

मिट्टी से पौधे के हर अंग तक पानी का संचरण पादप कार्यिकी का एक अनिवार्य पहलू है। यह प्रवाह पत्तियों की सतह से वाष्पोत्सर्जन द्वारा पानी गँवाने से संचालित होता है (**बॉक्स-1** देखें)। जितनी तेज़ी से वाष्पोत्सर्जन होगा, उतनी ही तेज़ी से पौधे के शरीर में से पानी का प्रवाह होगा। क्या वाष्पोत्सर्जन की गति का आकलन करना सम्भव है? क्या वातावरणीय घटक इस गति को प्रभावित करते हैं? इन सवालों की खोजबीन पोटोमीटर नामक एक ख़ास उपकरण के माध्यम से की जा सकती है।

पोटोमीटर काम कैसे करता है? यह तो हम जानते हैं कि पौधा एक समयावधि में मिट्टी से जितना पानी सोखता है वह वाष्पोत्सर्जन के कारण उसी अवधि में गँवाए जाने वाले पानी की मात्रा के लगभग बराबर होता है (**बॉक्स-2** देखें)। पोटोमीटर वाष्पोत्सर्जन की गति का आकलन अप्रत्यक्ष रूप से करता है - एक पत्तीदार टहनी द्वारा पानी लेने की गति का मापन करके।

आम पोटोमीटर

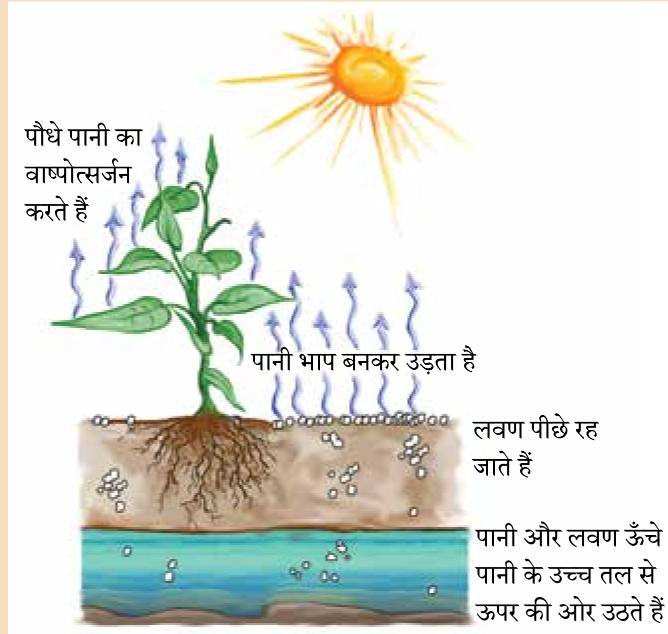
सामान्यतः तीन प्रकार के पोटोमीटर उपलब्ध हैं - डार्विन, फार्मर और गेनाँग (ये नाम उन वैज्ञानिकों के नाम पर हैं जिन्होंने इन्हें डिज़ाइन करके पहली बार उपयोग किया था)। इन तीनों में ही रबर कॉर्क

बॉक्स-1 : वाष्पोत्सर्जन के अध्ययन की क्या आवश्यकता है ?

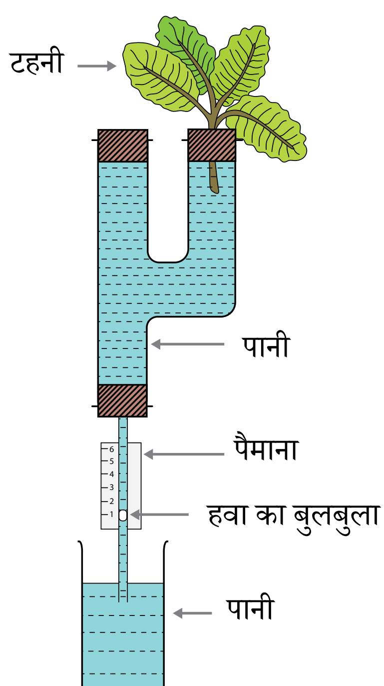
किसी भी पौधे का बड़ा हिस्सा पानी का बना होता है। उदाहरण के लिए, जलीय पौधे का 98%, मांसल ज़मीनी पौधे का 95% और काष्ठीय ज़मीनी पौधे का 80% हिस्सा पानी का बना होता है। आश्चर्यजनक रूप से, अवलोकनों द्वारा यह पता चलता है कि पौधों की जड़ों द्वारा अवशोषित पानी में से केवल लगभग 2-3% पानी ही भोजन के संश्लेषण, विकास और पाचन जैसी जैविक प्रक्रियाओं के लिए खर्च होता है। शेष 97-98% पानी वाष्प के रूप में बरबाद होता है, मुख्यतः पत्तियों से। पानी के वाष्प के रूप में पौधे के हवाई अंगों (जैसे पत्तियों) की सतह पर उपस्थित छोटे रन्ध्रों (स्टोमैटा) द्वारा ह्रास होने की प्रक्रिया वाष्पोत्सर्जन कहलाती है।

वाष्पोत्सर्जन से पौधे की जैविक प्रक्रियाओं के लिए आवश्यक संसाधनों का पुनर्भरण होता है। पौधों में स्टोमैटा प्रायः पानी वाहक ऊतकों के लगभग छोर पर होते हैं। इस कारण से जल वाष्प का इन रन्ध्रों से ह्रास होने पर नलीनुमा वाहक ऊतकों में निर्वात पैदा हो जाता है। इससे जड़ों से आने वाले पानी व उसमें घुले खनिजों (प्रकाश-संश्लेषण के लिए आवश्यक कुछ घटक) का क्लोरोप्लास्ट युक्त कोशिकाओं तक (भले ही वे पौधे के सबसे ऊपरी सिरे पर हों) तेज़ गति से संचरण होता है (**चित्र-1** देखें)।

इसके अलावा, यह प्रक्रिया जल चक्र का निर्वाह करने में एक महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती है। जल चक्र में वापस आने वाले पानी में इसका 10% योगदान होता हैं।[1] वनरक्षक पीटर वोलेबेन के मुताबिक, ''...समुद्र से दूरी वाले क्षेत्रों में बादलों के निर्माण का श्रेय पौधों से होने वाले वाष्पोर्जत्सन को दिया जा सकता है...।''[2] दिलचस्प बात यह है कि वातावरणीय घटक, जैसे- तापमान, हवा, प्रकाश और नमी वाष्पोत्सर्जन के गति को प्रभावित कर सकते हैं जिसके परिणामस्वरूप प्रकाश-संश्लेषण और पानी अवशोषण की दरें भी प्रभावित हो सकती हैं। इसलिए वाष्पोत्सर्जन की दर के अध्ययन का कृषि और जल प्रबन्धन से महत्त्वपूर्ण सम्बन्ध है।



चित्र 1 : वाष्पोत्सर्जन पौधे के प्रत्येक अंग में से पानी के संचरण को संचालित करता है।



चित्र-3 : डार्विन का पोटोमीटर और उसका सेट-अप

Adapted from: https://www.biologydiscussion.com/experiments/top-13-experiments-on-transpiration-plants/56605.

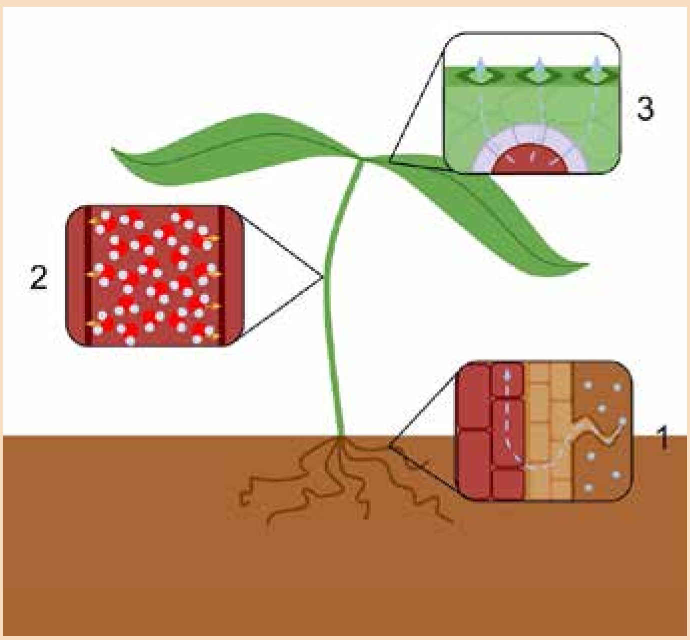
(cork) लगी काँच की नलियाँ होती हैं।

1. डार्विन का पोटोमीटर : तीनों प्रकारों में यह सबसे सरल है। इसमें कॉर्क वाली काँच की एक सीधी नली के साथ एक तरह की U-नलिका जुड़ी होती है। सीधी नली के तल में एक केशिका नली कॉर्क की मदद से लगाई जाती है। 15 सेंटीमीटर का एक पैमाना केशिका नली पर बँधा होता है। यह पूरी रचना पानी भरे हुए एक पात्र में इस तरह से रखी जाती है कि केशिका नली पानी में थोड़ी-सी डूबी रहे। पानी भरने के साथ ही यह उपकरण तैयार हो जाता है। बाजूवाली नली के कॉर्क के एकल छिद्र में किसी पौधे की एक ताज़ी कटी हुई टहनी घुसा दी जाती है। टहनी द्वारा पानी ऊपर खींचा जाता है, और केशिका नली में पानी की ऊपर की ओर होने वाली गति को दर्ज करके वाष्पोत्सर्जन की गति का मापन किया जा सकता है (गति का अवलोकन आम तौर पर केशिका नली में एक बुलबुला प्रविष्ट करवाकर या कोई रंजक घोलकर किया जाता है)। चूँकि इस पोटोमीटर में प्रत्येक कॉर्क एकल छिद्र वाला है इसलिए पानी के रिसाव की गुंजाइश न्यूनतम होती है। अलबत्ता, इस उपकरण को ब्यूरेट स्टैंड के आधार की ज़रूरत होती है। फिर भी बड़े आकार की पत्तियों वाली टहनी

बॉक्स 2 : पौधे द्वारा पानी के ग्रहण और क्षति की गतियों में क्या सम्बन्ध है?

अधिकांश हरे पौधों में उनकी पत्तियाँ प्रकाश-संश्लेषण का प्रमुख स्थल होती हैं। प्रकाश-संश्लेषण पत्ती के ऊपरी और निचली सतहों के बीच स्थित कोशिकाओं के गुच्छों के भीतर घटित होता है। इन कोशिकाओं में क्लोरोफिल पाया जाता है। महीन नलिकाओं का जाल (शिरा विन्यास), कोशिकाओं तक जड़ों द्वारा मिट्टी से सोखे गए खनिज और पानी पहुँचाता है। इन कोशिकाओं के बीच हवा के अन्तराल छितराए हुए होते हैं जो वातावरण से गैसों का आदान सुलभ कर देते हैं। हवा के ये अन्तराल पत्ती की ऊपरी और निचली सतहों पर स्थित हज़ारों स्टोमैटा द्वारा खुले होते हैं। पत्ती में हवा और पानी का लगातार विसरण सम्भव बनाकर हर एक रन्ध्र प्रकाश-संश्लेषण, श्वसन और वाष्पोत्सर्जन को सम्भव बनाता है (**चित्र-2** देखें)।

वाष्पीकरण के दौरान पानी पत्ती की कोशिकाओं से वाष्प के रूप में बाहर वातावरण में निकलता है। इस कारण पत्ती की कोशिकाओं में पानी की कमी आ जाती है। इसके परिणामस्वरूप एक वाष्पोत्सर्जन खिंचाव निर्मित होता हैं जो नज़दीकी महीन शिराओं में पहुँचता है और इनके ज़रिए बड़ी और मोटी शिराओं तक और आख़िरकार पत्ती के डण्ठल (stalk) तक। खिंचाव का बल पौधे के तनों (stems) तक और आगे बढ़कर ठेठ जड़ों तक पहुँचता है। इसी खिंचाव के कारण पानी पौधे की जड़ों और तनों से होकर पत्तियों तक पहुँचता है।



चित्र-2 : पौधों की जड़ों द्वारा पानी अवशोषण की गति और पत्तियों द्वारा पानी की क्षति की गति लगभग बराबर है।

1.पानी के अणु अकर्मक ढंग से (passively) जड़ों में प्रवेश करते हैं और दारु (ज़ायलम) ऊतक (पौधों में पानी का वहन करने वाली नलिकाओं) तक पहुँचाए जाते हैं।

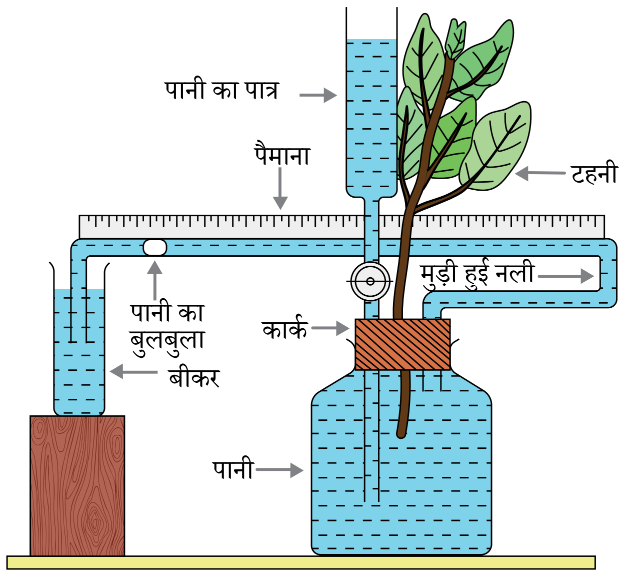
2. पानी (दो सफेद बिन्दुओं वाला लाल रंग का वृत्त, जो H_2O का प्रतीक है) के ज़ायलम में प्रवेश करने के साथ पानी के अणुओं की नलियों की दीवारों से आसंजन और आपस में ससंजन क्रिया होने से जड़ों से पौधे के सिरों तक पानी का स्तम्भ बन जाता है।

3. ज़ायलम में से पानी पत्तियों के स्पंजी ऊतक में छोड़ा जाता है जहाँ वह रन्ध्रों के सम्पर्क में आता है। रन्ध्र जब खुले होते हैं, तब इस परत की कोशिकाएँ बाहरी हवा के सम्पर्क में आ जाती हैं और वाष्पन होने लगता है। रन्ध्रों से जब पानी के अणुओं का वाष्पन हो जाता है, तब पानी के स्तम्भ में तनाव निर्माण होता है क्योंकि एक-दूसरे से जुड़े पानी के अणु एक-दूसरे को खींचते हैं। यह तनाव ज़ायलम के नीचे तक एक खिंचाव बल का निर्माण करता है जिस कारण मिट्टी में से पानी ऊपर खींचा जाता है।

उपयोग में लाने पर उपकरण लुढ़क सकता है (**चित्र-3** देखें)।

2. फार्मर का पोटोमीटर : इस पोटोमीटर में एक चौड़े मुँह वाली बड़ी बोतल होती है जिसमें तीन छेद वाला कॉर्क लगा होता है। तीन जगह पर मुड़ी हुई एक केशिका कॉर्क के तीन में से एक छेद में बिठाई होती है। 15 सेमी का एक पैमाना केशिका के एक हिस्से से जुड़ा होता है। एक कीपनुमा पात्र दूसरे छेद से जोड़ा जाता है, जिससे पानी बोतल में प्रवेश कर सकता है। किसी पौधे की एक ताज़ी कटी हुई टहनी कॉर्क के तीसरे छेद से भीतर डाली जाती है। जैसे ही यह उपकरण पानी से भरा जाता है, वाष्पोत्सर्जन की प्रक्रिया शुरू हो जाती है। जैसे ही केशिका में पानी की मात्रा कम हो जाती है, उसका निचला खुला मुँह तुरन्त छोटे बीकर में रखा जाता है। ऐसा करने से हवा का एक बुलबुला केशिका नली में प्रवेश करता है। टहनी द्वारा पानी ऊपर खींचे जाने पर बुलबुले की गति के रूप में वाष्पोत्सर्जन से होने वाली पानी की क्षति की दर का मापन किया जा सकता है। पानी की बोतल बड़ी और भारी होने के कारण गिरती नहीं है, न ही उसे किसी स्टैंड के सहारे की आवश्यकता होती है। लेकिन बोतल के कॉर्क में तीन छिद्र होने से उसे हवाबन्द रखने में कठिनाई अवश्य होती है (**चित्र-4** देखें)।

3. गेनाँग का पोटोमीटर : यह सबसे बेहतर अभिकल्पित पोटोमीटर है। इसमें दो जगह मुड़ी हुई काँच की नलिका होती है जिसकी निचली क्षैतिज भुजा पर अंशांकन (calibrations) होता है। नलिका के ऊपरी हिस्से में एक चौड़ी खुली जगह होती है जिसमें एकल छिद्र वाला रबर का एक कॉर्क लगा हुआ होता है। किसी पौधे की एक ताज़ी कटी हुई टहनी उसमें फँसाई जाती है। एक स्टॉपर युक्त पात्र ऊपरी क्षैतिज हिस्से से अंशांकित नलिका के थोड़ा पहले जोड़ा जाता है। इसका उपयोग नलिका के क्षैतिज हिस्से के भीतर प्रविष्ट किए गए हवा के बुलबुले की गति पर नियंत्रण रखने में हो सकता है। डार्विन



चित्र 4 : फार्मर का पोटोमीटर और उसका सेट-अप

Adapted from: https://www.biologydiscussion.com/experiments/top-13-experiments-on-transpiration-plants/56605.

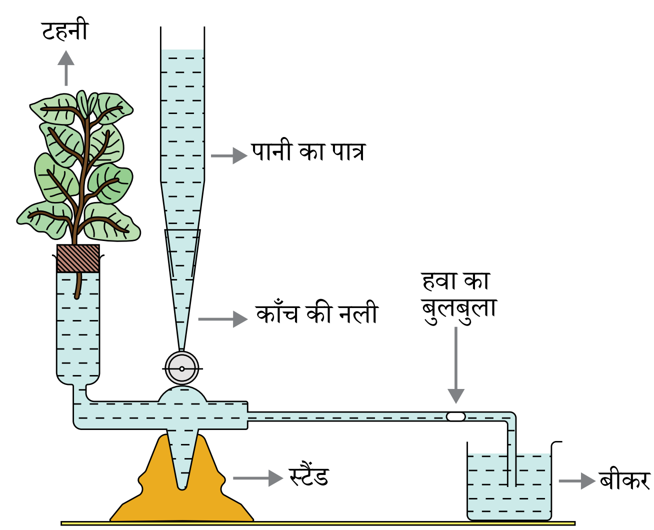
और फार्मर के पोटोमीटर की तरह, वाष्पोत्सर्जन से होने वाली क्षति की दर का मापन टहनी से पानी खींचे जाने से हवा के बुलबुले की गति के रूप में किया जाता है। केशिका अंशांकित होने के कारण उपकरण के साथ पैमाना जोड़ने की आवश्यकता नहीं होती। लेकिन यह उपकरण ज़्यादा नाज़ुक होने से अक्सर सेट-अप के दौरान ही टूट जाता है। इसका तल छोटा होने के कारण इसके गिरने की सम्भावना भी ज़्यादा होती है (**चित्र-5** देखें)।

एक सस्ते जलरोधी (water-tight) पोटोमीटर की डिज़ाइन

पोटोमीटर वाष्पोत्सर्जन की अवधारणा और उसे प्रभावित करने वाले सम्भावित घटकों, जैसे- तापमान या प्रकाश की स्थिति की जाँच करने के उद्देश्य से ख़ुद विद्यार्थियों द्वारा किए जा सकने वाले प्रयोगों को बढ़ावा देने में काफ़ी फ़ायदेमन्द हो सकते हैं (**चित्र-6** देखें)। लेकिन पारम्परिक पोटोमीटर काफ़ी महँगे होते हैं। साथ ही उनका सेट-अप भी कठिन होता है, और वे ग़ैर-भरोसेमन्द व नाज़ुक होते हैं।

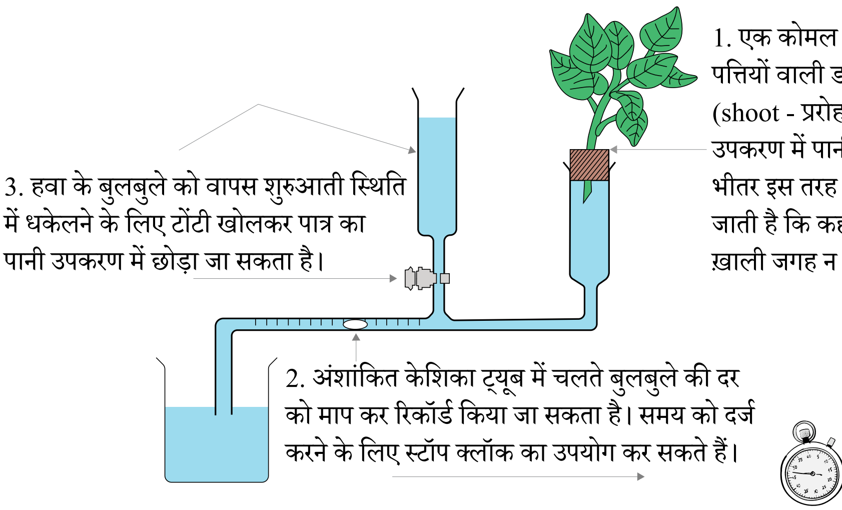
कम लागत के सरल पोटोमीटर का उपयोग करने से सामान्यतः उपयोग में लाए जाने वाले पोटोमीटर की दिक़्क़तों से छुटकारा पाया जा सकता है। (**चित्र-7** देखें)। काँच की बोतल, काँच की नलिका की बजाय ख़ाली प्लास्टिक बोतल और प्लास्टिक नलियाँ (जो वैसे ही व्यर्थ जाने वाली हैं), और रबर के कॉर्क का उपयोग करके इसे बनाया जा सकता है। हम इसकी रचना कैसे करेंगे? प्लास्टिक बोतल के ढक्कन में मोटी सुई से या चाकू से काटकर दो गोल सुराख़ बनाइए। 5-5 सेंटीमीटर लम्बाई वाली प्लास्टिक की 2 नलियाँ इन दो सुराख़ों में से बोतल में पिरो दीजिए। (एक्वेरियम में उपयोग में लाई जाने वाली पानी की नली, या स्कूटर, मोटरसाइकिल में उपयोग में लाई जाने वाली पेट्रोल की नली का उपयोग कर सकते हैं।) नलियाँ इस तरह पिरोना है कि हर नली का आधा हिस्सा बोतल के अन्दर और आधा बोतल के बाहर हो। बोतल में ऊपर तक पानी भर दीजिए और ढक्कन कसकर बन्द कर दीजिए। ऐसा करने पर दोनों नलियों में पानी ऊपर तक चढ़ जाएगा। अगर न चढ़े, तो पिचकारी की सहायता से नलियों के मुँह तक पानी से भरना ज़रूरी है। अब एक बेरी, अमरूद, पीपल या जरबेरा की पत्तियों वाली एक टहनी एक नली में पिरो दें। ध्यान रखें कि डण्ठल को पानी में डुबोकर ही काटें। टहनी वाली नली में ऊपर की ओर पानी की गति (जिसे एक बुलबुले के ज़रिए देखा जा सकता है) का मापन करने के लिए बोतल पर एक पैमाना इस नली के निकट जोड़ दीजिए। पोटोमीटर तैयार है (**चित्र-7** देखें)। ध्यान रखें कि टहनी वाली नली इस तरह चुनें कि उसका भीतरी व्यास पत्ती के डण्ठल या तने की मोटाई के हिसाब से हो

इस उपकरण को जलरोधी (water-tight) कैसे रख सकते हैं? किताबों में सुझाव दिया होता है कि जिन खुली जगहों से पानी के रिसने की सम्भावनाएँ हैं, वहाँ सील करने के लिए ग्रीस या प्लॅस्टिसीन का उपयोग करें। लेकिन हमारा यह अनुभव रहा है कि ग्रीस गीली सतह पर चिपकता नहीं है। इसकी बजाय अगर तना या पत्ती का डण्ठल नली के खुले मुँह के व्यास से ज़्यादा मोटा लिया जाए तो उसे नली में धकेलकर मज़बूती से बैठाकर जलरोधी बनाया जा सकता है।



चित्र-5 : गेनाँग का पोटोमीटर और उसका सेट-अप

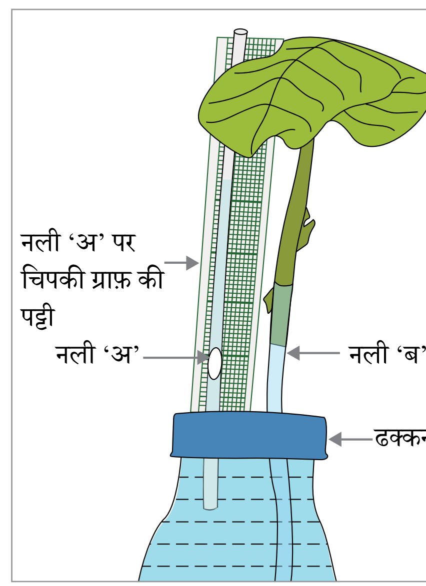
Adapted from: https://www.biologydiscussion.com/experiments/top-13-experiments-on-transpiration-plants/56605.



चित्र 6 : वाष्पोत्सर्जन की गति का मापन

Adapted from: Ms Cooper's IGCSE Biology. URL: https://www.youtube.com/watch?v=I510WIjaAZk.



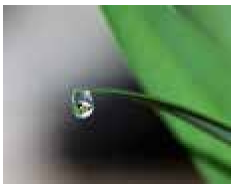


चित्र-7 : एक सरल, कम लागत वाला प्लास्टिक बोतल से बना हुआ पोटोमीटर। इस उपकरण से वाष्पोत्सर्जन की गति नापने के लिए ग्राफ़ कागज़ की पट्टी या प्लास्टिक स्केल पट्टी का हिस्सा (लगभग 2 सेमी) 'अ' नली के पीछे सेलो टेप से जोड़ा जा सकता है। इसका उपयोग करके हम नली 'ब' में हवा के बुलबुले की गति नाप सकते हैं।

चलते-चलते

वाष्पोत्सर्जन की अवधारणा को पत्तीयुक्त पौधे द्वारा पानी के अवशोषण की दर के माध्यम से प्रायोगिक रूप से नापना उच्चतर माध्यमिक स्तर के विज्ञान पाठ्यक्रम का एक महत्त्वपूर्ण हिस्सा है। तीन सामान्यतः उपलब्ध पोटोमीटर को विज्ञान कक्षा में तैयार करके उपयोग में लाने का काम चुनौती भरा होने के कारण विद्यार्थियों द्वारा ख़ुद करने की बजाय अध्यापक ही इनका प्रदर्शन करते हैं। कम लागत वाले, सरल पोटोमीटर का उपयोग करके शिक्षक इन दिक़्क़तों से छुटकारा पा सकते हैं और अपने विद्यार्थियों को ख़ुद ही पूरा प्रयोग करने का अवसर प्रदान कर सकते हैं।

मुख्य बिन्दु



- पौधे द्वारा पानी का अवशोषण उसकी पत्तियों की सतहों से वाष्पोत्सर्जन से होने वाले पानी की क्षति से संचालित होता है।
- पौधे द्वारा मिट्टी में से पानी के अवशोषण की दर और वाष्पोत्सर्जन द्वारा होने वाली क्षति की दर लगभग बराबर होती है। यह दर वातावरणीय घटकों, जैसे- तापमान, प्रकाश, हवा की गति और नमी से प्रभावित होती है।
- पोटोमीटर ख़ास उपकरण होते हैं जो पत्तीयुक्त टहनी के द्वारा पानी के अवशोषण की दर का मापन करके वाष्पोत्सर्जन की दर का आकलन करने के लिए उपयोग में लाए जाते हैं।
- बाज़ार में मिलने वाले पोटोमीटर महँगे होते हैं, उपयोग करने में कठिन होते हैं और उनके काँच के भाग आसानी से टूट जाते हैं। इस कारण वे विद्यार्थियों द्वारा सम्भालने में अनुपयुक्त हैं।
- प्लास्टिक बोतल और नलियाँ उपयोग में लाकर एक सरल और सस्ता पोटोमीटर बनाना वाष्पोत्सर्जन सम्बन्धी प्रयोगों में विद्यार्थियों के लिए अधिक सुविधाजनक होता है।

Note: Source of the image used in the background of the article title: https://pixabay.com/photos/drop-of-water-drip-water-macro-2356282/. Credits: Pitsch, Pixabay. License: CC0.

References:

1. Evapotranspiration and the Water Cycle. U.S. Geological Survey. URL: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/evapotranspiration-and-water-cycle? Accessed on 18th Apr, 2021.
2. The forest as water pumps. Peter Wohlleben. The Hidden Life of Trees. Penguin Random House, India (2016). Pg. 127-136.



किशोर पंवार होलकर साइंस कॉलेज, इन्दौर से वनस्पति विज्ञान के सेवानिवृत्त प्रोफ़ेसर हैं। उनकी रुचि और शोध कार्य पर्यावरण विज्ञान में निहित है। डॉ. पंवार शिक्षक प्रशिक्षण कार्यक्रमों में सक्रिय रूप से शामिल हैं। उन्होंने कई वैज्ञानिक प्रयोग डिज़ाइन किए हैं जो शिक्षक और विद्यार्थी दोनों के अनुकूल हैं। डॉ. पंवार एक लोकप्रिय विज्ञान लेखक भी हैं। उनके लेख विभिन्न पत्र-पत्रिकाओं में प्रकाशित होते रहते हैं। उन्होंने लोकप्रिय विज्ञान पर छह पुस्तकें लिखी हैं। उनसे kishore.panwar@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** गजानन महाजनी



और तब उन्होंने ली एक गहरी साँस!

जैसे-जैसे बच्चे बड़े होते हैं, वे अलग-अलग तरीक़ों से अपने आस-पास की दुनिया को समझने की कोशिश करते हैं। कुछ समझ उनके अपने अवलोकनों के कारण विकसित होती है; कुछ अपने माता-पिता या परिवार के अन्य सदस्यों की बातचीत सुनकर; कुछ लोकप्रिय माध्यमों से मिलने वाले सन्देशों से। शिक्षक और पाठ्यपुस्तकें भी बच्चों के ज्ञान के इस भण्डार में इज़ाफ़ा करते हैं। बहरहाल, अक्सर बच्चे वास्तविक दुनिया के अनुभवों से जो समझ विकसित करते हैं, वह कक्षा में सीखी गई बातों से भिन्न होती है। स्कूली शिक्षा बिरले ही इस दोहरी, समानान्तर समझ पर कोई काम करती है।

हमने श्वसन पर एक मॉड्यूल बनाया जिससे बच्चों के सहजबोध को पहचान सकें, और इनकी मदद से इस अवधारणा को बेहतर समझ सकें। शिक्षक ने कक्षा की शुरुआत बच्चों से यह कहते हुए की कि वे सब 2-4 गहरी साँसें लें। थोड़ी शुरुआती हिचक के बाद बच्चे मान गए और गहरी साँसें लेने लगे।

"हम साँस में हवा लेते हैं या ऑक्सीजन?" शिक्षक ने पूछा।

पूरी कक्षा ने एकमत होकर ज़ोर से जवाब दिया, "ऑक्सीजन।"

"पर पिछले साल हमने पढ़ा था कि हवा कई गैसों का मिश्रण है, है न? तो, हम साँस में केवल ऑक्सीजन कैसे लेते हैं?" शिक्षक ने पूछा।

इससे बच्चे चकरा गए। थोड़ा सोचने के बाद, एक विद्यार्थी ने कहा, "हमारे नाक में जो बाल हैं, वे हवा में से ऑक्सीजन को अलग करने में मदद करते हैं।"

एक और विद्यार्थी ने कहा, "पर ऑक्सीजन तो बहुत छोटी होती है। हमारे नाक के अन्दर के बाल तो सिर्फ़ बड़े कणों को ही पकड़ (trap) सकते हैं।"

दोनों के पास अपनी बात पर यक़ीन करने के कारण थे। उन्होंने इस विषय में परिकल्पनाएँ बनानी शुरू कर दीं कि कैसे हम हवा में मौजूद गैसों के मिश्रण में से केवल ऑक्सीजन को साँस में अन्दर लेते हैं। दोनों के नज़रियों को कई अन्य विद्यार्थियों ने समर्थन दिया। इससे एक बहस की शुरुआत हो गई। दोनों पक्ष उदाहरण और प्रति-उदाहरण देने लगे। बच्चों को यूँ सोचते, बहस करते, और सबसे अहम, एक वैज्ञानिक चर्चा में भाग लेते देखना बहुत सुखद था, एक ऐसा मौक़ा जो पारम्परिक शिक्षण में कम ही मिलता है।

इस बिन्दु पर एक लड़की ने, जो अब तक बिल्कुल चुप थी, हाथ उठाया और बोली, "पर शुद्ध ऑक्सीजन तो ज्वलनशील है। अगर हम शुद्ध ऑक्सीजन साँस में लें तो हमारे अन्दर आग नहीं लग जाएगी?"

एक और विद्यार्थी ने ध्यान दिलाया कि, "अगर हम हवा को साफ़ करके साँस में सिर्फ़ ऑक्सीजन ले सकते तो हमें मास्क पहनने की ज़रूरत ही न होती। तब तो हवा के प्रदूषण की समस्या ही खत्म हो जाती!"

अपने विद्यार्थियों के सामने बस तथ्यों को उछालने की जगह इस शिक्षक ने उनको और गहरे अवलोकनों और दिमाग़ी प्रयोगों से गुज़रने के मौक़े दिए ताकि वे अपनी परिकल्पनाओं को जाँच सकें। मसलन, इस परिकल्पना के बारे में जाँचने के लिए कि नाक हवा में मौजूद गैसों के मिश्रण में से ऑक्सीजन को छानकर अलग कर सकती है, उन्होंने नाक के अन्दरूनी



भाग के चित्र दिखाए। इससे यह साफ़ दिखाई दिया कि नाक में छन्नी जैसा कोई यंत्र मौजूद नहीं है। शिक्षक ने ऐसे मौक़ों का भी लाभ उठाया जब हमारे अवलोकन और प्रयोगों के नतीजे हमारी परिकल्पनाओं से मेल न खाते हों, और इस बात की ओर ध्यान दिलाया कि ऐसे में परिकल्पनाओं पर पुनर्विचार करने या उन्हें बदलने की ज़रूरत हो सकती है। काफ़ी सोच-विचार और शिक्षक की मदद के बाद विद्यार्थी इस नतीजे पर पहुँचे कि हम साँस में हवा लेते हैं, केवल ऑक्सीजन नहीं।

इस गरमागरम चर्चा के बाद शिक्षक ने कक्षा को स्थिर हो जाने के लिए थोड़ा वक्त दिया। फिर उन्होंने अगला सवाल पूछा, "आप क्या सोचते हैं कि हम साँस कैसे लेते हैं?"

रोचक बात थी कि अधिकांश बच्चे यही मानते थे कि हमारी नाक में कुछ मांसपेशियाँ होती हैं जो हवा को खींचने में हमारी मदद करती हैं। हल्के से मुस्कराते हुए शिक्षक ने विद्यार्थियों को अपने श्वसन का और बारीक़ी से अवलोकन करने और उसे रिकॉर्ड करने को कहा। कुछ बच्चों ने कहा कि उन्होंने अपनी छाती को फूलते देखा था। कुछ ने कहा कि उन्होंने ठण्डी हवा को नाक से अन्दर जाते महसूस किया। कुछ बच्चों ने यह भी कहा कि उन्होंने देखा कि उनकी नाक की मांसपेशियाँ साँस लेते समय ज़्यादा हिली-डुली नहीं। सभी कुछ चकराए हुए थे कि हम इतनी सारी हवा साँस में कैसे लेते और छोड़ते हैं।

"क्या है जो इसका नियमन कर रही है?" शिक्षक ने फिर पूछा।

विद्यार्थियों में काफ़ी चर्चा हुई पर वे किसी नतीजे (या जवाब) तक नहीं पहुँच पाए। कक्षा में बढ़ रही उकताहट को भाँपते हुए शिक्षक ने उनको हाल में हवा विषय पर पढ़े एक पाठ की याद दिलाई। "क्या आपको याद है कि हवा कैसे (एक जगह से दूसरी जगह) चलती है?" उन्होंने पूछा।

कई बच्चों ने फटाफट जवाब दिए और सुझाया कि हवा "उच्च दाब से कम दाब" की जगह पर जाती है।

"सही! तो क्या अब तुम श्वसन की प्रक्रिया (mechanism) के बारे में सोच पा रहे हो?" शिक्षक ने पूछा।

"हाँ!" एक विद्यार्थी ने उत्साह के साथ कहा। "जब बाहर हवा का दाब ज़्यादा हो तो हवा हमारे शरीर के अन्दर जाएगी। और जब बाहर का दाब कम हो तो हवा बाहर निकल जाएगी।"

इस विद्यार्थी के दोस्त ने तुरन्त ही उसकी बात को काटा। "हमारे आसपास हवा का दबाव इस तरह हर घड़ी बदलता थोड़े ही है?"

"आप क्या सोचते हो?" शिक्षक ने पूरी कक्षा की तरफ़ देखते हुए पूछा। जब कक्षा फिर एक जोशभरी चर्चा में लग गई तो वे ख़ुशी से दमकीं।

शिक्षक के सवाल पर कुछ क्षण ग़ौर करने के बाद एक लड़के ने सुझाया, "हमारे शरीर के अन्दर का दाब बदलता है। इससे हवा को अन्दर खींचते और बाहर धकेलते हैं।"

कक्षा अब श्वसन की सही प्रक्रिया (mechanism) के बारे में पता लगाने के बहुत क़रीब थी। एक T जोड़ के दो छोरों पर लगे दो गुब्बारे, जो एक ख़ाली बोतल के अन्दर थे, और बोतल के तले को खींचने के लिए एक इलास्टिक लगा था। इस उपकरण की मदद से प्रयोग करते हुए उन्होंने जल्द ही यह पता लगा लिया कि हवा का दाब किसी बन्द जगह (cavity) में कैसे बदल सकता है। और फिर मिल-जुलकर उन्होंने श्वसन की प्रक्रिया (mechanism) का तोड़ निकाल लिया। इससे ख़ुश होकर, सब ने एक लम्बी गहरी साँस ली।



मृणाल शाह सीड2सेपलिंग एजुकेशन (Seed2Sapling Education) के साथ काम करती हैं। उन्होंने नेशनल यूनिवर्सिटी ऑफ़ सिंगापोर के मेकेनोबायोलॉजी इंस्टीट्यूट से माइक्रोबायोलॉजी में पीएचडी की है। अपनी पीएचडी के समय से ही वे कई विज्ञान शिक्षा और संचार मंचों के साथ जुड़ी हुई हैं। उन्होंने पाठ्यक्रम तैयार करने और शिक्षणशास्त्र में ट्रेनिंग हासिल की है। उन्होंने भारतीय महिला वैज्ञानिकों पर कई लेख लिखे हैं। इसके अलावा, उन्होंने ब्रूकिंग इंडिया के लिए भारतीय विज्ञान में लिंग भेद पर आधारित पुस्तक में कुछ चैप्टर लिखे हैं। उनसे shah.mrinal@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** टुलटुल बिस्वास



पौधे-माहू-चींटी की अन्तर्क्रिया की खोजबीन

रुद्र प्रसाद बनर्जी, रेनी एम. बोर्जेस, सरोज कान्ता बारिक,
प्रेम प्रकाश सिंह और मधुलिका अग्रवाल

विभिन्न प्रजातियाँ एक-दूसरे के साथ पेचीदा और विविध ढंग से अन्तर्क्रिया करती हैं। प्रजातियों के बीच होने वाली इन अन्तर्क्रियाओं का अध्ययन क्यों और कैसे किया जाता है? विद्यार्थियों को अपने ही आँगन में वास्तविक परिस्थिति में पौधों, माहू (एफिड) और चींटियों के अवलोकन के द्वारा इन अन्तर्क्रियाओं से कैसे रूबरू करवाया जाए?

बच्चे अपने घर और स्कूल के आसपास अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रियाओं का अवलोकन करना और उनके बारे में सोचना काफ़ी पहले शुरू कर देते हैं – पाठ्यपुस्तकों में इससे सम्बन्धित अवधारणाएँ पढ़ाए जाने से बहुत पहले। यदि विद्यार्थियों को ऐसी कुछ अन्तर्क्रियाओं के अध्ययन का मौक़ा दिया जाए, तो इससे शिक्षक को अमूर्त अवधारणाओं को उनके आँगन में किए गए वास्तविक अवलोकनों से जोड़ने में मदद मिलेगी। उदाहरण के लिए, क्या आपने अपने बगीचे, स्कूल परिसर या खेत में कोई ऐसा पौधा देखा है, जो छोटे-छोटे जन्तुओं से ढँका लगता है? क्या ऐसा लगता है कि पौधे के कुछ हिस्सों पर चींटियों की गहमा-गहमी चल रही है? यदि इन दोनों सवालों का आपका जवाब 'हाँ' है तो शायद आप चींटियों, माहुओं और पौधे की तीन-तरफ़ा अन्तर्क्रिया को देखने के लिए सही जगह पर हैं (देखें **बॉक्स-1**)।

पादप-माहू अन्तर्क्रिया

आपने अनुमान लगा ही लिया होगा कि छोटे-छोटे सफ़ेद, पीले, हरे या काले जन्तु कीट हैं जिन्हें माहू कहते हैं (देखें **चित्र 1**)। मीलीबग्स, व्हाइटफ्लाइस और प्लांट हॉपर्स के समान माहुओं के मुखांग भी सुईनुमा होते हैं (जिन्हें स्टायलेट्स या शूकिका कहते हैं)। इन्हें वे पौधे के मुलायम हिस्सों में सुई जैसे घुसा देते हैं और फ्लोएम रस का पान करते हैं। फ्लोएम रस पौधा स्वयं अपने पोषण के लिए बनाता है (देखें **बॉक्स-2**)।[1]

बॉक्स-1 : पादप-माहू-चींटी अन्तर्क्रियाओं की तलाश और अवलोकन

पौधों, माहुओं और चींटियों के बीच अन्तर्क्रियाओं की प्रकृति अक्सर मौक़ापरस्त या विकल्पी होती है। इसका मतलब है कि चींटियाँ माहुओं के साथ सम्बन्ध पूरे साल बना भी सकती हैं और नहीं भी बना सकती हैं। माहू-चींटी अन्तर्क्रिया प्राय: संसाधनों की उपलब्धता, मौसम, चींटी बस्ती की ज़रूरतों, मेज़बान पौधे की ऋतु-जैविकी (फीनॉलॉजी – कलिका निकलने, पुष्पन और फलन जैसी मौसमी घटनाओं के समय में परिवर्तन) वग़ैरह पर निर्भर करती है। चूँकि जाड़ों में पर्यावरणीय परिस्थितियाँ माहू और चींटियों की सक्रियता को सीमित कर देती हैं, इसलिए ऐसी अन्तर्क्रियाओं के अवलोकन का सबसे बढ़िया समय गर्मियों (मार्च-अप्रैल से जुलाई) और मानसून-उपरान्त (सितम्बर-अक्टूबर से नवम्बर) का है। ऐसी अन्तर्क्रियाओं का अवलोकन ऊँची शाखाओं या ऊँचे पेड़ों पर करना मुश्किल हो सकता है, लेकिन 3-5 मीटर के पेड़ों पर या नीचे की ओर लगी शाखाओं पर आसानी से किया जा सकता है। पौधे के हिस्सों पर चींटियों या उनकी हलचल को देखकर ऐसी अन्तर्क्रियाओं के स्थल का पता लगाने में मदद मिल सकती है।

कई बार माहू संक्रमण मेज़बान पौधे के अग्रस्थ हिस्सों पर देखा जा सकता है। एक बार पहचान में आ जाए, तो ऐसी पादप-माहू-चींटी अन्तर्क्रिया के कई लक्षणों का अवलोकन किया जा सकता है। (देखें पादप-माहू-चींटी अन्तर्क्रिया के अवलोकन के लिए मिलान सूची)



चित्र-1 : माहू अपने सुईनुमा मुखांग को मेज़बान पौधे में घुसाकर फ्लोएम रस का पान करते हुए।

Credits: Kent Loeffler, US Department of Agriculture, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schizaphis_graminum_usda_(cropped).jpg. License: CC-BY.

बॉक्स-2 : शब्दावली

- **फ्लोएम रस :** पौधों के लिए पोषण-समृद्ध भोजन का स्रोत। यह नाम फ्लोएम (पौधे के विभिन्न हिस्सों में भोजन पहुँचाने की नलियाँ) के ज़रिए होने वाले परिवहन के आधार पर बना है। फ्लोएम रस में शर्करा व अमीनो अम्ल प्रचुर मात्रा में पाए जाते हैं और यह पौधे की वृद्धि व विकास के लिए पोषण प्रदान करता है।
- **वाष्पशील कार्बनिक यौगिक (VOCs) :** ऐसे रासायनिक पदार्थ जो हवा के सम्पर्क में आने पर तेज़ी से वाष्पीकृत हो जाते हैं। अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रिया के दौरान जीवों द्वारा स्रावित ये रसायन प्रजातियों के बीच सम्प्रेषण में मदद करते हैं।
- **कुदरती शत्रु :** वे जीव जो किसी खास प्रजाति के जन्तुओं का शिकार करते हैं या उन पर परजीवी बनते हैं।

इन पादपभक्षी (फायटोफैगस) या रसचूषक कीटों के कारण होने वाली पोषण की हानि पौधे की सेहत को प्रभावित करती है और पौधे के हिस्से मुरझा जाते हैं या पीले पड़ जाते हैं। यह पौधे की प्रजनन क्षमता को भी प्रभावित कर सकता है जिसके चलते उस पर फलों और बीजों की संख्या कम हो सकती है।

माहू कुछ घातक पादप वायरसों (जैसे कुकुम्बर मौज़ेक वायरस और पॉटेटो वायरस) के वाहक की भूमिका भी निभा सकते हैं। ये वायरस भक्षण कर रहे माहू की लार के साथ मेज़बान पौधे में प्रवेश कर जाते हैं। माहू आक्रमण से ग्रस्त पौधा दुर्बल हो जाता है और इन व अन्य बीमारियों के प्रति ज़्यादा संवेदनशील हो जाता है। चूँकि इस अन्तर्क्रिया में माहू को पौधे की क़ीमत पर लाभ प्राप्त होता है, इसलिए यह शत्रुवत (परजीवी) अन्तर्क्रिया का एक उदाहरण है।

माहू-चींटी अन्तर्क्रिया

फ्लोएम रस का भक्षण करते हुए माहू अपने गुदा से एक चिपचिपे, शर्करा-युक्त, पोषण-समृद्ध तरल पदार्थ की बूँदें उत्सर्जित करते हैं। इसे हनीड्यू कहते हैं। यह तरल चींटियों की कुछ प्रजातियों को मेज़बान पौधे की ओर आकर्षित करता है। कैसे? अध्ययनों से पता चला है कि ये चींटियाँ हनीड्यू



चित्र- 2 : कुछ चींटियाँ माहू द्वारा स्रावित हनीड्यू का भक्षण करती हैं।

Credits: Jmalik. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ant_feeding_on_honeydew.JPG. License: CC-BY-SA.

में उपस्थित कुछ वाष्पशील कार्बनिक यौगिकों (VOCs) की उपस्थिति को अपने संवेदी अंगों (घ्राण बल्ब) की मदद से 'सूँघ' लेती हैं। घ्राण बल्ब हमारी नाक की तरह काम करते हैं (देखें **बॉक्स-2**)।

वल्मरागी (myrmecophilous) माहू: यह शब्द दो शब्दों वल्म यानी 'चींटी' और रागी यानी 'प्रेम करने वाला' से मिलकर बना है। अँग्रेज़ी शब्द में *myrmeco* का मतलब चींटी होता है जबकि *phily* का मतलब 'प्रेम करना' होता है। यह ऐसे माहुओं का वर्णन करता है जिन्हें चींटियाँ पालती हैं।

इन VOCs का उत्पादन माहू की आँत की आन्तरिक भित्ती में बसने वाले कुछ बैक्टीरिया की क्रिया की वजह से होता है।[2] चींटियाँ हनीड्यू का भक्षण करती हैं, और माहुओं को पालती-पोसती हैं (देखें **चित्र-2**)। कुछ चींटी प्रजातियाँ माहुओं के कुदरती शत्रुओं को दूर भी रखती हैं (देखें **बॉक्स-2**)।[3, 5] इन शत्रुओं में लेडीबर्ड बीटल, होवरफ्लाई, और परजीवी ततैया कीटों के लार्वा और वयस्क शामिल हैं। ये या तो माहुओं का भक्षण करते हैं या उनके शरीर में अपने अण्डे दे देते हैं (देखें **चित्र-3**)। चूँकि माहू-चींटी की इस अन्तर्क्रिया से दोनों भागीदारों को लाभ होता है, इसलिए यह अन्तर्क्रिया सहजीविता का एक जीता-जागता उदाहरण है।[3, 4, 5] इस तरह की सहजीविता को 'सुरक्षा के बदले भोजन' सहजीविता कहते हैं।[5]



चित्र-3 : कुछ चींटियाँ माहुओं को उनके कुदरती शत्रुओं से बचाती हैं।

Credits: JerzyGorecki, Pixabay. URL: https://pixabay.com/photos/ants-aphids-kennel-leaf-macro-1271768/. License: CC0.

बॉक्स-3 : अपने आँगन में चींटियों और वल्मरागी माहू प्रजातियों की पहचान :

चींटियों के लिए निम्नलिखित लिंक मददगार हो सकती है :

http://www.antkey.org/en and https://www.antweb.org/

माहू के लिए इन्हें देख सकते हैं:

http://aphid.aphidnet.org/credits.php or

https://influentialpoints.com/Blog/How_to_identify_aphids_from_photos--the_basics.htm

अलबत्ता, कई अन्य अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रियाओं के समान, चींटी-माहू सम्बन्ध जितना नज़र आता है उससे कहीं अधिक पेचीदा है। अधिकांश चींटियाँ मौक़ापरस्त भक्षी होती हैं – अपनी बस्ती की ज़रूरतें पूरी करने के लिए वे लगभग कुछ भी खा लेती हैं। इस बात से एक विचार यह आता है कि क्या वे माहू का शिकार भी करती होंगी? अवश्य करती हैं, तब जब उनकी प्रोटीन की ज़रूरत कार्बोहायड्रेट की ज़रूरत (जिसे हनीड्यू से पूरा किया जा सकता है) से अधिक हो जाती है। ऐसी परिस्थिति में माहू-चींटी अन्तर्क्रिया सहजीवी न रहकर शत्रुवत किस्म की हो जाती है। अलबत्ता, अध्ययन यह भी दर्शाते हैं कि चींटियाँ ऐसी माहू प्रजातियों का शिकार करना ज़्यादा पसन्द करती हैं जो गैर-वल्मरागी (non-myrmecophilous) हों, बनिस्बत वल्मरागी (myrmecophilous) प्रजातियों के (देखें **बॉक्स-3**)।[6] इससे एक सवाल उठता है – चींटियाँ दो तरह के माहू के बीच भेद कैसे करती हैं?

अध्ययनों से पता चला है कि प्रत्येक माहू प्रजाति का विशिष्ट गन्ध-हस्ताक्षर होता है जिसे क्यूटिकुलर हायड्रोकार्बन (CHCs, त्वचीय हायड्रोकार्बन) कहते हैं। इन त्वचीय हायड्रोकार्बन की प्रकृति से निर्धारित होता है किसी माहू प्रजाति और उसे पालने वाली चींटी प्रजाति के बीच सम्बन्ध बाध्य (अविकल्पी यानी जब दोनों प्रजातियाँ पूरी तरह एक-दूसरे पर निर्भर हों और एक-दूसरे द्वारा प्रदान की गई सेवाओं के बग़ैर जी न सकें) होगा या विकल्पी (जिसमें चींटी प्रजाति आंशिक रूप से माहू प्रजाति पर निर्भर हो) होगा। त्वचीय हायड्रोकार्बन साझेदार चींटी प्रजाति के लिए वल्मरागी और गैर-वल्मरागी माहू के बीच भेद करने में भी मददगार होते हैं।[7]

पादप-चींटी अन्तर्क्रिया

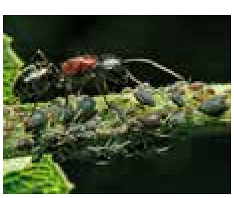
पौधों, चींटियों और माहुओं के बीच अन्तर्क्रिया को लेकर हुए हाल के अध्ययनों से पता चला है कि चींटियों की कुछ प्रजातियाँ मेज़बान पौधे को ग़ैर-रसचूषक शाकाहारी कीटों (जैसे, कैटरपिलर और भृंगों) से सुरक्षा प्रदान करती हैं।[8] कुछ अन्य अध्ययन बताते हैं कि हनीड्यू के जमा होने से फफूँद संक्रमण को न्यौता मिलता है। पौधों के अंगों से हनीड्यू की सफ़ाई करके चींटियाँ पौधे को ऐसे संक्रमणों से बचाती हैं।[9, 10] इससे लगता है कि माहू द्वारा मेज़बान पौधे की क्षति के बावजूद चींटियों की उपस्थिति पौधे को और नुक़सान से बचा सकती है।

चलते-चलते

पादप-माहू-चींटी जैसी अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रियाओं के विस्तृत अध्ययन से इन अन्तर्क्रियाओं की सामान्य क्रियाप्रणाली और जटिलताओं को उजागर करने में मदद मिली है। इसके अलावा पारिस्थितिक सन्तुलन बनाए रखने में भी इन अन्तर्क्रियाओं की भूमिका सामने आई है। उदाहरण के लिए, कई अध्ययन बताते हैं कि जब चींटियों को माहुओं तक पहुँचने से रोक दिया जाता है (टैंगलफुट जैसे चिपचिपे कीट-रोधक की मदद से) तो माहू की बस्तियों का आकार छोटा हो जाता है। इसकी वजह से माहुओं के कुदरती शत्रुओं की संख्या भी बढ़ती है और मेज़बान पौधे पर शाकाहारी गतिविधि भी बढ़ जाती है। इसके चलते माहू और मेज़बान पौधे, दोनों की फिटनेस कम हो जाती है। बहिष्कृत वल्मरागी चींटियाँ कीटों के शिकार को ज़्यादा तरजीह देती हैं, जिससे लगता है कि वे कार्बोहायड्रेट की बजाय प्रोटीन की तलाश में लग जाती हैं।

पारिस्थितिकीविदों ने पादप-माहू-चींटी की अन्तर्क्रिया के बारे में वैज्ञानिक तहक़ीक़ात से जो बातें पता की हैं, उनसे विद्यार्थियों को परिचित कराने से उनमें पाठ्यक्रम के जीवविज्ञान से सम्बन्धित विषयों के बारे में कौतूहल जगाया जा सकता है। इससे उनमें प्रकृति और वैज्ञानिक तहक़ीक़ात को लेकर समझ सुदृढ़ और विस्तृत होगी।

मुख्य बिन्दु



- अपने आसपास पादप-माहू-चींटी अन्तर्क्रिया का अवलोकन विद्यार्थियों को अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रियाओं और पारिस्थितिक सन्तुलन बनाए रखने में उनकी भूमिका से सम्बन्धित पाठ्यपुस्तकीय अवधारणाओं से परिचित कराने के लिए किया जा सकता है।
- पादप-माहू सम्बन्ध एक शत्रुवत अन्तर्क्रिया का जाना-पहचाना उदाहरण प्रस्तुत करता है, जबकि माहू-चींटी सम्बन्ध एक परस्पर लाभकारी अन्तर्क्रिया का सुन्दर उदाहरण है।
- चूँकि माहू-चींटी अन्तर्क्रिया तब तक सहजीवन की रहती है जब तक चींटियों को इससे मिलने वाला लाभ काफ़ी अधिक हो, इसलिए इसका उपयोग सन्दर्भ-सापेक्ष अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रियाओं की गतिशील व जटिल प्रकृति को समझाने में किया जा सकता है।
- इन अन्तर्क्रियाओं को समझने के लिए जिस तरह के प्रयोग किए जाते हैं, उनकी बारीक़ियाँ साझा करने से विद्यार्थियों में वैज्ञानिक तहक़ीक़ात की प्रक्रिया और प्रकृति की समझ विस्तृत होगी।

आँगन में जीवन

पादप-माहू-चींटी अन्तर्क्रिया के अवलोकन के लिए मिलान सूची

1. मेज़बान पौधा किस प्रकार का है?
   - शाक
   - झाड़ी
   - वृक्ष
2. मेज़बान पौधा विकास की किस अवस्था में है?
   - वर्धी अवस्था
   - प्रजनन अवस्था (फलने-फूलने की अवस्था)
3. पौधे के किस हिस्से पर कीट आक्रमण दिखता है?
   - परिपक्व शाखा (भूरे रंग की)
   - युवा अग्रस्थ शाखा (हरे रंग की)
   - फूल
   - फल
4. पौधे के साथ अन्तर्क्रिया में निम्नलिखित में से कौन-सी प्रजातियाँ दिख रही हैं?
   - केवल चींटियाँ
   - केवल माहू (या अन्य हेमिप्टेरन यानी अर्धपंखी क्षेणि के कीट)
   - दोनों
5. चींटियों का निम्नलिखित में कौन-सा व्यवहार दिख रहा है?
   - मेज़बान पौधे के माहू से संक्रमित हिस्से के आसपास एकत्रित
   - पौधे के अन्य हिस्सों पर तेज़ी से चलती-फिरती
   - दोनों
6. माहू कैसे दिखते हैं?
   - कपासी सफ़ेद
   - पीली या हरी रंगत वाले, छोटे नाशपाती के आकार के शरीर, कभी पारदर्शी
   - भूरे या काले, सिर पर सींग जैसे उपांग सहित
7. क्या तुम्हें चींटियों और रस-चूषक कीटों के अलावा कोई कीट दिखे?
   - हाँ
   - नहीं
8. यदि पिछले सवाल का जवाब हाँ है तो तुम्हें किस तरह के कीट दिखे?
   - कैटरपिलर (लार्वा)
   - प्रौढ़ वयस्क

रुद्र प्रसाद बनर्जी सीएसआईआर-नेशनल बॉटनीकल रिसर्च इंस्टीट्यूट (CSIR-NBRI), लखनऊ में पीएचडी छात्र हैं जहाँ वे पौधों, माहू और चींटियों की त्रि-आहारी अन्तर्क्रिया का समय-स्थानगत अध्ययन कर रहे हैं। उनसे rudrabanerjee1042@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

आभार : लेखक वित्तपोषण के लिए जैव प्रौद्योगिकी विभाग (भारत) के ऋणी हैं (Project No. DBT-NER/Agri/24/2013 dated 30/03/2015)। हम अपने सहयोगियों – दी नेशनल सेंटर फ़ॉर बायोलॉजिकल साइंसेज़, इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ़ साइंस, और यूनिवर्सिटी ऑफ़ एग्रीकल्चरल साइंस, बेंगलूरु – के आभारी हैं जिन्होंने विद्यार्थियों के लिए कार्यशालाएँ और प्रशिक्षण कार्यक्रम आयोजित किए। हम डॉ. शैनॉन बी. ओल्सन, डॉ. जयश्री चानम, डॉ. ल्यूसी नॉन्ग्ब्री, डॉ. दिब्येंदु अधिकारी, डॉ. रघुवर तिवारी, सत्यजीत गुप्ता और अनिता गुप्ता के शुक्रगुज़ार हैं जिन्होंने पाण्डुलिपि की तैयारी के दौरान बहुमूल्य सुझाव दिए। हम प्रो. उमा रामकृष्णन, डॉ. ध्रुब शर्मा और डॉ. अर्कमित्रा विष्णु का आभार प्रकट करते हैं जिन्होंने ज़रूरत होने पर सहायता प्रदान की। लेखक डिपार्टमेंट ऑफ़ बॉटनी, नॉर्थ-ईस्टर्न हिल यूनिवर्सिटी, शिलॉन्ग के विभागाध्यक्ष, और नेशनल बॉटेनिकल रिसर्च इंस्टीट्यूट, लखनऊ के निदेशक के आभारी हैं, जिन्होंने ज़रूरी सुविधाएँ उपलब्ध करवाईं।

Note: Source of the image used in the background of the article title: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ant_guards_its_Aphids.jpg. Credits: viamoi, Wikimedia Commons. License: CC-BY.

References:

1. Douglas AE. The nutritional physiology of aphids. Advances in Insect Physiology. 2003: 73–140. URL: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065280603310021.
2. Fischer CY, Lognay GC, Detrain C, Heil M, Grigorescu A, Sabri A, et al. Bacteria may enhance species association in an ant–aphid mutualistic relationship. Chemoecology. 2015; 25 (5): 223–32.
3. Powell BE, Silverman J. Impact of *Linepithema humile* and *Tapinoma sessile* (Hymenoptera: Formicidae) on three natural enemies of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). Biol. Control. 2010; 54 (3): 285–91. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.05.013
4. Del-claro K, Oliveira PS. Conditional outcomes in a neotropical treehopper-ant association: temporal and species-specific variation in ant protection and homopteran fecundity. Oecologia. 2000; 124: 156–65.
5. Kaplan Ian, Eubanks MD. Disruption of cotton aphid (Homoptera: Aphididae) — natural enemy dynamics by red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). Community Ecosyst Ecol. 2002; 31(6): 1175–83.
6. Novgorodova TA. Ant-aphid interactions in multispecies ant communities: some ecological and ethological aspects. Eur J Entomol. 2005; 102 (3): 495–501. URL: http://www.eje.cz/doi/10.14411/eje.2005.071.html.
7. Lang, C., and Menzel, F. *Lasius niger* ants discriminate aphids based on their cuticular hydrocarbons. Animal Behavior 2011; 82: 1245–1254.
8. Buckley RC. Interactions involving plants, Homoptera, and ants. Ann Rev Ecol Syst. 1987; 18: 111–35.
9. Renault CK, Buffa LM, Delfino MA. An aphid–ant interaction: effects on different trophic levels. Ecol Res. 2005; 20 (1): 71–74. URL: http://doi.wiley.com/10.1007/s11284-004-0015-8.
10. Völkl W, Woodring J, Fischer M, Lorenz MW, Hoffmann KH. Ant-aphid mutualisms: the impact of honeydew production and honeydew sugar composition on ant preferences. Oecologia. 1999; 118: 483–91.



रुद्र प्रसाद बनर्जी सीएसआईआर-नेशनल बॉटनीकल रिसर्च इंस्टीट्यूट (CSIR-NBRI), लखनऊ में पीएचडी छात्र हैं जहाँ वे पौधों, माहू और चींटियों की त्रि-आहारी अन्तर्क्रिया का समय-स्थानगत अध्ययन कर रहे हैं। उनसे rudrabanerjee1042@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।



रेनी एम. बोर्जेस इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ़ साइंस, बेंगलूरु के सेंटर फ़ॉर इकॉलॉजिकल साइंस में प्रोफ़ेसर हैं। उनकी शोध टीम की रुचि पौधों, कीटों, अन्य अकशेरुकी जीवों और सूक्ष्मजीवों के बीच सह-विकास की गतिशीलता को समझने में है। उनसे renee@iisc.ac.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।



सरोज कान्ता बारिक सीएसआईआर-नेशनल बॉटनीकल रिसर्च इंस्टीट्यूट (CSIR-NBRI), लखनऊ के निदेशक हैं। उनकी शोध-रुचियों में पर्यावरण, संरक्षण जीव विज्ञान और रासायनिक पारिस्थितिकी शामिल हैं। उनसे sarojkbarik@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।



प्रेम प्रकाश सिंह नॉर्थ-ईस्टर्न हिल यूनिवर्सिटी, शिलॉन्ग के बॉटनी विभाग में डॉक्टरल उपाधि के लिए अध्ययनरत हैं। उनके शोध का सम्बन्ध पादप विविधता पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव और जोखिमग्रस्त वनस्पतियों के संरक्षण से है। उनसे prem12flyhigh@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।



मधुलिका अग्रवाल बनारस हिन्दू विश्वविद्यालय, वाराणसी के बॉटनी विभाग में प्रोफ़ेसर हैं। वे वैश्विक गर्माहट और जलवायु परिवर्तन के सन्दर्भ में कृषि की दृष्टि से महत्त्वपूर्ण पौधों में कार्यिकीय अनुकूलन का अध्ययन करती हैं। उनसे madhoo.agrawal@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : सुशील जोशी



प्रकाश का अवलोकन : छाया और बिम्ब

राजाराम नित्यानन्द

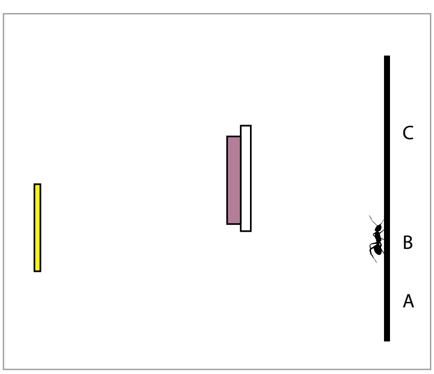
क्या परछाईं पूरी तरह से काली होती हैं? क्या मानव आँख में मोबाइल फ़ोन के कैमरे से कोई समानता है? हमें अपने दाहिने हाथ को दूसरों की तरह देखने के लिए कितने दर्पणों की आवश्यकता होगी? यह लेख 'प्रकाश' से सम्बन्धित अवधारणाओं को छाया और प्रतिबिम्बों पर रोज़मर्रा के अवलोकनों से जोड़कर पढ़ाने के कई सरल तरीक़ों की खोज करता है।

जिज्ञासा व प्रेरणा को बरक़रार रखते हुए विज्ञान में किसी भी विषय की बुनियादी समझ बनाना हमेशा से ही एक बड़ी चुनौती रही है। ऐसे में एक प्रवृत्ति जो कि पूरी दुनिया में लोकप्रिय हो रही है, वह है ख़ासतौर पर तैयार किए गए उपकरणों की मदद से कम्प्यूटर एनिमेशन व प्रदर्शन की तकनीक का इस्तेमाल। यह प्रवृत्ति उस ऊब व बोझिलता की भावना से लड़ने की कोशिश करती है जो कि मास मीडिया व इंटरनेट के शुरुआती प्रभाव के साथ आती है व इन दिनों भारत के स्कूलों में चढ़ाव पर है।

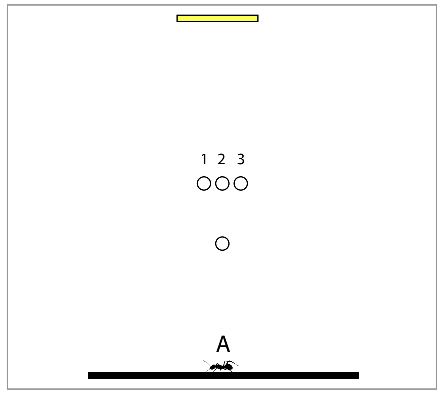
इसमें कोई सन्देह नहीं है कि सीखने के अनुभव को दिलचस्प बनाने में तकनीक का अपना महत्त्व है। लेकिन यह लेख सबसे पुरानी तकनीक - प्रत्यक्ष (न कि आभासी) अवलोकन - के बारे में है। ऐसा कतई नहीं है कि ऑनलाइन या प्रयोगशाला संसाधनों की कमी के कारण साधारण अवलोकन दूसरा सबसे अच्छा विकल्प है। साधारण अवलोकन उन विद्यार्थियों के लिए भी महत्त्वपूर्ण हैं जिनकी पहुँच आभासी संसाधनों तक है। क्योंकि अन्ततः विज्ञान वास्तविक दुनिया के बारे में है। प्रत्यक्ष अनुभव किसी विद्यार्थी को उन अमूर्त अवधारणाओं से समझने में मदद कर सकते हैं जिन्हें बाद के वर्षों के स्कूली विज्ञान में उन्हें पढ़ना पड़ता है। इसे समझे बिना मौजूदा स्कूल प्रणाली में अच्छा प्रदर्शन करने वाले विद्यार्थियों को भी सीखे हुए सिद्धान्त/अवधारणाओं को नई परिस्थितियों में लागू करना मुश्किल हो सकता है। अगर कोई पहले सिद्धान्त सीखता है, तो उस सिद्धान्त को व्यवहार

में देखने व इस दौरान अवलोकन की मदद से सिद्धान्त से जुड़ने में काफ़ी मदद मिलती है। यहाँ सुझाए गए अवलोकन केवल माध्यमिक विद्यालय के विद्यार्थियों के लिए नहीं हैं बल्कि किसी के लिए भी हैं, उन शिक्षकों सहित जिन्होंने इन्हें अब तक किया नहीं है।

प्रकाश सम्बन्धी अवधारणाएँ स्कूली पाठ्यक्रम में काफ़ी पहले ही आ जाती हैं। ऐसा होना स्वाभाविक ही है - क्यूँकि दृष्टि हमारी सबसे शक्तिशाली इन्द्रियों में से एक है। इसके अन्तर्गत छाया व प्रतिबिम्ब दो ऐसे बुनियादी विषय हैं जो कि सभी पाठ्यपुस्तकों में शामिल हैं। इन विषयों पर होने वाली बातचीत में प्रकाश को सामान्य किरण आरेखों की मदद से किसी स्रोत से सीधी रेखाओं में यात्रा करते हुए दिखलाया जाता है। यह अपने आप में ही एक आभासी अनुभव है। अक्सर ही विद्यार्थी इन रेखाचित्रों का मेल अपने देखने के अनुभव से नहीं कर पाते, लेकिन उन्हें पता होता है कि इन आरेखों को परीक्षणों और साक्षात्कारों में हुबहू प्रस्तुत करना है। मगर, प्रकाश का अध्ययन शिक्षकों के



चित्र-1 : क्या परछाईं एकदम काली होती है? बाईं ओर की पीली लाईन सूर्य को दर्शा रही है। जब चींटी दीवार के बिन्दु C पर होगी तब वह सूर्य के किसी भी हिस्से को नहीं देख पाएगी। वहीं जब वह बिन्दु A पर होगी तब समूचा सूर्य उसे दिखेगा। लेकिन जब चींटी बिन्दु B पर होगी, वह सूर्य के उस हिस्से को ही देख पाएगी जो पूरी तरह उजले और पूरी तरह अँधेरे हिस्से के बीच में है। यहीं छाया का धुँधला किनारा होगा।



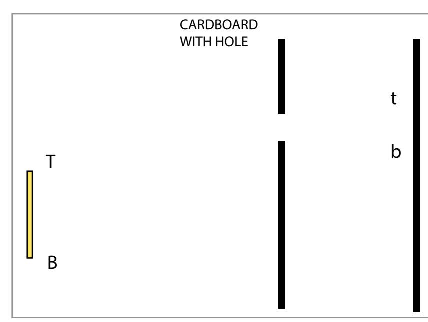
चित्र-2 : अतिच्छादित (overlapping) पेंसिलों की परछाईं जब अस्थिर पेंसिल स्थिति 1 या 3 पर होती है तब बिन्दु A पर बैठी चींटी सूर्य के एक ज़्यादा बड़े भाग को ढँका हुआ पाती है। वहीं जब पेंसिल स्थिति 2 पर होती है तब दोनों पेंसिल एक-दूसरे को ढँक लेती हैं जिसके चलते सूर्य का ज़्यादा बड़ा हिस्सा दिखाई देता है। यह बिन्दु A पर प्रकाश के बढ़ने की व्याख्या करता है।

लिए एक ऐसा मौक़ा हो सकता है जिसमें वे विद्यार्थियों के अपने प्रकाश सम्बन्धी अवलोकनों को टटोलने में उनकी मदद कर, उनमें विज्ञान के प्रति उत्साह पैदा कर सकते हैं। अब प्रश्न यह कि हम ऐसा कैसे कर सकते हैं?

परछाईं - इतनी भी काली नहीं

किसी वस्तु, जैसे कि एक डस्टर की छाया के बारे में सोचने का एक तरीका यह हो सकता है कि हम कल्पना करें कि एक छोटे-से जीव, जैसे कि एक चींटी, को दीवार पर डस्टर और सूर्य के सम्बन्ध में अलग-अलग बिन्दुओं पर बैठकर क्या दिखेगा (देखें **चित्र-1**)। अगर दीवार पर किसी बिन्दु पर एकदम अँधेरा है तो वहाँ बैठी चींटी को पता चलेगा कि वस्तु ने सूर्य को पूरी तरह से अवरुद्ध कर रखा है। अब जैसे ही हम चींटी को इस बिन्दु से आगे की ओर बढ़ाते हैं तो पाते हैं कि डस्टर की छाया का किनारा पैना नहीं है। यह अवलोकन तथाकथित उपच्छाया (Penumbra) को दर्शाता है। उपच्छाया तो मात्र एक नाम है। क्या ऐसा कहना बेहतर न होगा कि जैसे ही चींटी डस्टर की छाया के किनारे से आगे की ओर बढ़ती है तो वह एक ऐसे क्षेत्र, जिसमें सूर्य पूरी तरह से ढँका हुआ है, से निकलकर एक आंशिक रूप से ढँके सूर्य वाले हिस्से से होते हुए एक हिस्से में चली जाती है जहाँ से पूरे सूर्य को देखा जा सकता है? (इस पूरी परिस्थिति की मात्र कल्पना करना ही बुद्धिमानी का काम होगा, बजाय इसके कि वास्तव में ऐसी छाया में जाकर स्वयं सूर्य को देखें। सीधे सूर्य को देखने से आँखें खराब हो सकती हैं)।

इसी पद्धति पर आधारित एक अन्य प्रयोग तो कई वैज्ञानिकों को भी अचरज में डाल देता है। दोपहर के समय धूप में दो पेंसिलों को कुछ इस तरह पकड़ें कि उन दोनों की छाया के बीच की दूरी लगभग एक मीटर हो। इस स्थिति में एक पेंसिल को दूसरी के पास या दूर ले जाते हुए आप उनकी परछाइयों को एक साथ ला सकते हैं व अलग-अलग कर सकते हैं। ऐसा करते हुए आप पाएँगे कि परछाइयाँ एक साथ आने के ठीक पहले व ठीक बाद सबसे काली होती हैं व एक साथ आने पर उज्ज्वल हो जाती हैं। इसी तरह, जब आप पेंसिलों को



चित्र-3 : कार्डबोर्ड के एक टुकड़े में एक छोटा-सा छेद कैसे सूर्य की उलटी छवि बनाता है। दीवार के ऊपरी भाग पर स्थित बिन्दु t, सूर्य के निचले भाग B से प्रकाश प्राप्त करता है। दीवार के निचले हिस्से पर स्थित बिन्दु b सूर्य के शीर्ष बिन्दु T से प्रकाशित होता है। यह व्यवस्था तभी काम करती है जब छेद दीवार पर सूर्य की अपेक्षा एक छोटा कोण बनाए। यदि छेद दीवार के बहुत करीब है, तो दीवार पर रोशनी वाला हिस्सा छेद का आकार ले लेता है।

बॉक्स–1 : मानव आँख से परिचय करवाने के लिए पिनहोल कैमरे का उपयोग

हमारे द्वारा किए जाने वाले अवलोकनों को करने का सबसे अच्छा मूलभूत साधन हमारी आँखें हैं। पिनहोल कैमरा विद्यार्थियों को मानव आँख की कार्यप्रणाली से परिचित कराने का एक अच्छा तरीक़ा है। हमारी आँख प्रकाश की एक ऐसी खूबसूरत संग्राहक है जो सभी दिशाओं से आने वाले प्रकाश की चमक और रंग को दिखाती है। इसे ही हम बिम्ब कहते हैं। असल में, मोबाइल फ़ोन का कैमरा, जिससे कई विद्यार्थी परिचित होंगे, पहले के रोल वाले कैमरों की अपेक्षा हमारी आँख की तरह ज़्यादा है। इसमें मानव रेटिना जैसी चिप होती है। यह एक कम्प्यूटर से तारों के माध्यम से जुड़ा होता है जो कि हमारे मस्तिष्क में जाने वाली ऑप्टिक नसों जैसी होती हैं। कम्प्यूटर में एक उल्टे बिम्ब को सीधा करके दिखलाने के लिए सॉफ़्टवेयर का इस्तेमाल होता है। ऐसा लगता है कि हमारा दिमाग भी ऐसा ही कुछ करता है।

समानान्तर न रखकर आड़ा रखकर उनकी परछाईं को देखते हैं तो पाते हैं कि छाया का सबसे गहरा हिस्सा कटान पर न होकर किनारों पर है। यहाँ चींटी के प्रयोग पर वापिस लौटना सही होगा। दोनों ही मामलों में परछाईं कितनी गहरी होगी, यह इस बात पर निर्भर करता है कि चींटी सूर्य का कितना हिस्सा देख पा रही है (देखें **चित्र-2**)।

परछाइयों के बीच क्या है?

चलिए, अब बात करते हैं उसकी जो छाया के उलट है। जब प्रकाश गत्ते या कार्डबोर्ड के एक टुकड़े में किए गए एक छेद में से होकर गुज़रता है, तो हमें छाया के अन्दर एक उज्ज्वल क्षेत्र मिलता है। हम ऐसा मानकर चलते हैं कि प्रकाश का क्षेत्र छेद की आकृति के मुताबिक ही होगा; यानी कि अगर छेद चौकोर है तो प्रकाश का क्षेत्र भी चौकोर होगा, और अगर कहीं छेद एक त्रिकोणीय आकृति का हो तो प्रकाश का क्षेत्र भी त्रिकोणीय होगा। ऐसा होता भी है जब हम कार्डबोर्ड को दीवार के करीब रखते हैं। लेकिन जब छेद छोटा होता है (लगभग 3 मिलीमीटर आकार का), तो कार्डबोर्ड को दीवार से दूर ले जाने पर कुछ दिलचस्प घटता है। दीवार से लगभग आधा मीटर की दूरी पर प्रकाश का पैच अधिक गोलाकार दिखने लगता है। लगभग एक मीटर की दूरी पर, हम लगभग एक गोलाकार डिस्क देखते हैं, भले ही छेद एक त्रिकोणीय या अन्य किसी आकृति का हो। और-तो-और - चमकीले पैच का आकार बढ़ने लगता है। जैसा कि आपने अनुमान लगा लिया होगा, कि गोलाकार पैच सूर्य की एक छवि है (**चित्र-3** देखें)। यही अवलोकन पिनहोल कैमरे के पीछे का मूल सिद्धान्त है। विद्यार्थी इस साधारण खिलौने को आसानी-से अपने लिए बना सकते हैं (**बॉक्स-1** देखें)।

परछाईं का एक अन्य दिलचस्प पहलू तब सामने आता है जब कोई दूरबीन की मदद से चन्द्रमा को देखता है (हालाँकि चाँदनी सूरज की रोशनी की तुलना में बहुत कमज़ोर

चित्र–5 : चाँद पर बनने वाली परछाइयाँ



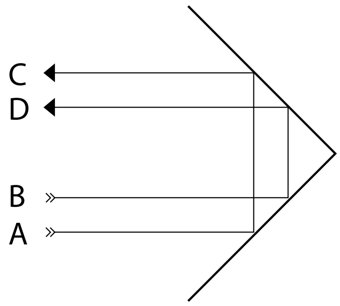
(अ) पूरे चाँद की एक तस्वीर : ध्यान दें कि पहाड़ और घाटियाँ होने के बावजूद हमें कोई छाया नहीं दिखाई दे रही है।
Credits: Gregory H. Revera. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:FullMoon2010.jpg. License: CC-BY-SA.



(ब) आधे चाँद की एक तस्वीर : प्रकाशित और अन्धेरे भाग के बीच की सीमा के निकट स्पष्ट छाया पर ध्यान दें। वहाँ स्थित एक पर्यवेक्षक सूर्य को क्षितिज के करीब देखेगा और इसलिए छाया लम्बी होगी।
Credits: Luc Viatour. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Moon_Luc_Viatour.jpg. License: CC-BY-SA.



चित्र-4 : प्राकृतिक पिनहोल प्रकाशिकी; प्रकाश के ये अर्धचन्द्राकार पैच सूर्यग्रहण के दौरान एक पेड़ की छाया में प्राकृतिक पिनहोल (पत्तियों के बीच अन्तराल) द्वारा बनाए गए सूर्य के चित्र हैं।
Credits: Thayne Tuason. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar_Eclipse_August_21_2017.jpg. License: CC-BY.

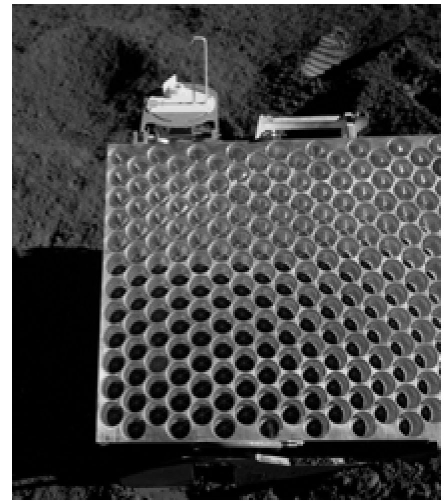


चित्र-6 : एक-दूसरे से 90 अंश का कोण बनाने वाले दो दर्पणों के एक जोड़े से परावर्तन : जैसे ही दर्पण के सामने खड़ा व्यक्ति अपने दाहिने हाथ को B से A की ओर ले जाता है, प्रतिबिम्बित छवि का हाथ (जो कि विपरीत दिशा में है) C से D की ओर गति करता है। एक अकेले दर्पण के साथ, छवि बाएँ हाथ को उसी दिशा में ले जाती हुई दिखाई देगी।
Credits: Rajaram Nityananda. License: CC-BY-NC.

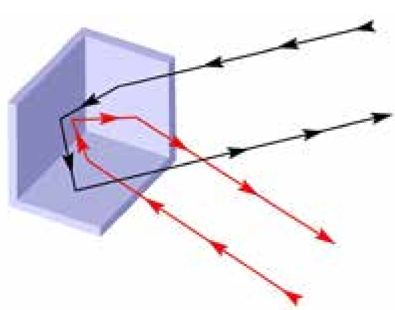
होती है, फिर भी उसे देखते हुए सावधानी बरतनी चाहिए)। पूर्णिमा के उलट, आधे चन्द्रमा वाली रातों में उसके पहाड़ों और गड्ढों की छाया ज़्यादा स्पष्ट दिखाई देती है (**चित्र-5 देखें**)। इसे समझने के लिए, अपने विद्यार्थियों से पूछें कि क्या उन्होंने दिन के अलग-अलग समय में सूर्य की रोशनी में अपनी छाया की लम्बाई में कोई बदलाव देखा है। हम जानते हैं कि हमारी छाया लम्बी होती है जब सूर्य क्षितिज पर होता है, और जब सूर्य ऊपर होता है तो गायब हो जाती है। अब, कल्पना कीजिए कि हम पूर्णिमा के चाँद के केन्द्र के पास बैठे थे। सूर्य सीधे ऊपर होगा, और हमारी छाया गायब हो जाएगी। वैसे चन्द्रमा पर पहाड़ों की परछाईं पूरे चाँद के किनारों पर बनती तो है, लेकिन सूर्य के समान दिशा से देखने पर यह अदृश्य हो जाती है। चूँकि ऐसा कुछ आधे चाँद के समय नहीं होता, इसलिए छाया देख पाना हमारे लिए आसान हो जाता है।

दर्पणों के साथ सीखना

अब हम दर्पण की बात करते हैं। दर्पण अधिकांश बच्चों को तब तक आकर्षित करते हैं, जब तक कि वे बड़े नहीं हो जाते और उन्हें हल्के में लेना शुरू नहीं कर देते। हम सब इस अनुभव से तो वाकिफ़ हैं कि दर्पण में हमारा अक्स एक ऐसे व्यक्ति का दिखता है जिसका बायाँ हाथ हमारे दाहिने हाथ की तरह दिखता है। इस उलटफेर को पार्श्व परिवर्तन कहते हैं। क्योंकि दर्पण में जो उल्टा होता है वह दिशा है - बाएँ या दाएँ - जिसमें व्यक्ति देख रहा होता है। हमारे शरीर का ऊपरी व निचला भाग तो अपनी जगह पर ही दिखलाई देता है। हमारी व्याख्या की भाषा में बाएँ व दाएँ उस दिशा के सम्बन्ध में परिभाषित होते हैं जिसमें कोई व्यक्ति



चित्र-8 : अपोलो 15 के मिशन के अन्तरिक्ष यात्रियों द्वारा चन्द्रमा पर रखा गया कॉर्नर परावर्तकों का एक सेट; जिसके चलते चन्द्रमा से धरती की दूरी की एक बहुत ही सटीक माप निकाली जा सकी व साथ ही यह भी पता लगाया जा सका कि समय के साथ यह कैसे बदलती है।
Credits: NASA, USA. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ALSEP_AS15-85-11468.jpg. License: CC-BY.



चित्र-7 : एक कोने पर मिल रहे तीन दर्पणों की एक व्यवस्था किसी भी दिशा से आने वाली प्रकाश की किरण को उसी दिशा में वापिस भेज देती है।
Credits: Chetvorno. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corner_reflector.svg. License: CC0.



चित्र-9 : स्पेन में एक बिजली संयंत्र जनरेटर चलाने वाली भाप का उत्पादन करने के लिए कोयले की बजाय सौर ऊर्जा का उपयोग करता है। हवा में धूल के कणों के कारण सूर्य की किरणों के द्वारा लिए गए मार्ग को देखा जा सकता है।
Credits: afloresm. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PS10_solar_power_tower.jpg. License: CC-BY.

देख रहा होता है। लेकिन वही ऊपर और नीचे को पृथ्वी के सम्बन्ध में परिभाषित किया जाता है। यह 'उलटफेर' जो कि एक भाषाई मसला दिखाई देता है, असल में जीवन और मृत्यु का मामला हो सकता है। एक सर्जन के लिए जिसके सामने एक मरीज़ ऑपरेशन टेबल पर लेटा हो, उसे निश्चित रूप से यह स्पष्ट करना चाहिए कि जब वह 'बाएँ' कहता है तो उसका मतलब क्या है - क्या उनका मतलब मरीज़ के बाएँ से है या अपने?

साड़ी जैसा परिधान जोकि एक कन्धे के ऊपर से जाता है या फिर एक शर्ट जिसमें एक तरफ जेब होती है, पहने व्यक्ति को यह बात आसानी-से समझ आ जाती है कि एक अकेला दर्पण हमें अपने आप को वैसा नहीं दिखाता जैसा कि हम दूसरों को दिखाई देते हैं। जैसा हम दूसरों को दिखलाई दे रहे हैं, अपने आप को ठीक वैसा ही देखने के लिए ऐसे दो दर्पणों का उपयोग करें जो कि एक-दूसरे से 90 अंश पर स्थित हों। यदि आपने पहले इस तरह से अपने आप को नहीं देखा है, तो यह एक अजीब अनुभव हो सकता है जिसमें कि जब आप अपना दाहिना हाथ अपने से दूर ले जाते हैं तो छवि अपने दाहिने हाथ को खुद से दूर ले जाती है (**चित्र-6** देखें)।

दर्पणों की एक ऐसी तिकड़ी, जिसमें कि हर एक दर्पण बाकी दोनों से 90 अंश के कोण पर रखा हो, से बनने वाली छवि को देखना और भी अजीब लग सकता है। दर्पणों का एक सेट-अप ठीक वैसा ही होगा जैसे कि एक कमरे के किसी निचले कोने पर मिल रही दो दीवारों व फ़र्श की स्थिति। इसलिए इसे कॉर्नर रिफ़्लेक्टर कहा जाता है। ऐसा परावर्तक किसी भी दिशा से आने वाली प्रकाश की किरण को वापस उसी दिशा में भेजता है (**चित्र-7** देखें)। अब ज़रा सोचिए कि जब कोई ऐसे दर्पणों की एक तिकड़ी को देखेगा तो उसे क्या दिखाई देगा? कोई कहीं से भी इस व्यवस्था को देखे, उसे कोने में अपनी ही आँख दिखाई देती है। ऐसा होना मात्र कौतुहल का विषय ही नहीं, बल्कि हक़ीक़त में बहुत काम का हो सकता है। ऐसे परावर्तकों का उपयोग राजमार्गों पर किया जाता है, विशेष रूप से ख़तरनाक मोड़ के पास। जब पास आ रही एक कार की हेडलाइट्स परावर्तक को रोशन करती हैं, तो यह चालक को चेतावनी देते हुए प्रकाश वापस भेजता है। यह एक बहुत ही कुशल व्यवस्था है क्योंकि इसे किसी ऊर्जा की ज़रूरत नहीं है, और केवल वहीं प्रकाश भेजता है जहाँ उसकी आवश्यकता हो।

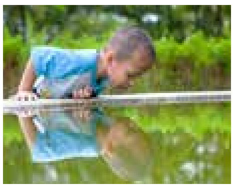
परावर्तन सरीखा एक सरल विषय आज की अन्तरिक्ष व ऊर्जा प्रौद्योगिकी में एक ख़ास भूमिका निभा सकता है। इस बात का जीता जागता उदाहरण है अपोलो मिशन के दौरान अमेरिकी अन्तरिक्ष यात्रियों द्वारा चन्द्रमा पर स्थापित किया गया एक कॉर्नर रिफ़्लेक्टर (देखें **चित्र-8**)। वैज्ञानिकों ने धरती से एक टेलिस्कोप की मदद से लेज़रबीम को चन्द्रमा तक भेजा व इस परावर्तक की मदद से उसे पलटाकर वापिस इसी टेलिस्कोप में लपक लिया। चूँकि लेज़रबीम एक छोटा कम्पन था, वैज्ञानिक उसके द्वारा पूरी की गई दूरी को लगने वाले समय (लगभग 2.5 सेकेंड) को मापने में सक्षम थे। इस तरह वे धरती व चन्द्रमा के बीच की दूरी के एक बहुत ही सटीक माप तक पहुँच पाए। दर्पणों का एक अन्य दिलचस्प अनुप्रयोग एक बड़े-से क्षेत्र में पड़ने वाली सूरज की रोशनी को एक छोटे-से क्षेत्र में इकट्ठा करना है। इस व्यवस्था का उपयोग सौर ऊर्जा के दोहन के लिए किया गया है (**चित्र-9** देखें)।

निष्कर्ष

आज के विद्यार्थी अपने शिक्षकों की तुलना में तकनीकी रूप से कहीं अधिक उन्नत युग में रहेंगे। यह सम्भावित है कि इनमें से कई तकनीकों में प्रकाश सरीखे विषयों का योगदान भी हो। आज भी, लेज़र का इस्तेमाल औद्योगिक अनुप्रयोगों में काटने और चिकित्सा के क्षेत्र में हमारी आँखों के कॉर्निया को फिर से आकार देने में किया जाता है। यह प्रकाश ही है जो हमारे अधिकांश फ़ोन वार्तालापों और इंटरनेट डाटा को ऑप्टिकल फाइबर पर सुचारू रूप से चलाता है। भविष्य में भी प्रकाश की हमारी समझ से बहुत-सी नई, अद्भुत और उपयोगी चीज़ें आना तय हैं।

विज्ञान या इंजीनियरिंग में करियर बनाने वाले विद्यार्थी प्रकाश के बारे में बहुत कुछ सीखेंगे, लेकिन हर कोई प्रकाश के कुछ सबसे बुनियादी सिद्धान्तों को समझते हुए उनकी सराहना करने में सक्षम है। यह लेख केवल छाया और प्रतिबिम्ब से जुड़े कुछ ऐसे उदाहरण साझा करता है, जिनका उपयोग अवलोकन और चर्चा को गति देने में किया जा सकता है। ऐसे उदाहरण पाठ्यपुस्तक या कक्षा शिक्षण की जगह लेने के लिए नहीं हैं, बल्कि सिखाई गई अवधारणाओं को समझने के लिए ज़रूरी उत्साह पैदा करने के लिए हैं। बड़ी कक्षाओं के विद्यार्थियों के साथ इन उदाहरणों को साझा किए जाने पर यह पहचानने में मदद हो सकती है कि प्रकाश की किरणों से सम्बन्धित सरल लेकिन सामान्य अवधारणाएँ हमारे आसपास की कई चीज़ों को समझने में हमारी सहायता कर सकती हैं।

मुख्य बिन्दु



- प्रकाश का विषय स्कूली विज्ञान के पाठ्यक्रम में काफ़ी पहले ही आता है क्योंकि यह दृष्टि से जुड़ता है, जो हमारी सबसे शक्तिशाली इन्द्रियों में से एक है।
- हालाँकि विद्यार्थी परीक्षाओं और साक्षात्कारों में कक्षा में सिखलाई गई अवधारणाओं व किरण आरेखों को जैसा-का-तैसा प्रस्तुत करने में सक्षम होते हैं, लेकिन वे हमेशा इन्हें अपने वास्तविक दुनिया के अनुभवों से जोड़ने में सक्षम नहीं होते।
- छाया और प्रतिबिम्बों के सरल अवलोकन और प्रत्यक्ष अनुभव जो विद्यार्थी स्वयं कर सकते हैं व उन पर सोच सकते हैं, चर्चा को बढ़ा सकते हैं और विज्ञान के बारे में विद्यार्थियों को उत्साहित कर सकते हैं।
- प्रकाश से सम्बन्धित अवधारणाओं के रोज़मर्रा के अनुप्रयोगों की खोज करना, जैसे कि पिनहोल कैमरा और कॉर्नर रिफ़्लेक्टर, विद्यार्थियों को स्कूल विज्ञान पाठ्यक्रम में आने वाली अमूर्त अवधारणाओं से जुड़ने में मदद कर सकते हैं।

Note: Source of the image used in the background of the article title: https://www.shutterstock.com/image-photo/little-child-plays-his-self-reflection-47335690. Credits: manzrussali.



राजाराम नित्यानन्द वर्तमान में अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापन करते हैं। इसके पूर्व वे बेंगलूरु स्थित रमन रिसर्च इंस्टीट्यूट में कार्यरत थे। वे तीन साल तक विज्ञान पत्रिका *रेज़ोनेन्स* के चीफ़ एडिटर रहे हैं। उनका अधिकतर शोधकार्य सैद्धान्तिक रहा है – भौतिकी में प्रकाश और अन्तरिक्ष विज्ञान से सम्बन्धी, और इसमें गणित और/या संगणक के साथ। राजाराम को अपने विद्यार्थियों और अपने साथियों के साथ मिलकर काम करना पसन्द है – इनमें से कई प्रयोगकर्ता हैं और कई उनके संस्थान के बाहर के लोग। **अनुवाद :** विवेक मेहता



आओ करें हाथ गन्दे

क्या थोड़ी-बहुत बाग़वानी से मन को शान्ति मिलती है? और इस विश्वास को अब विज्ञान का समर्थन भी मिला है। शोध से पता चला है कि मृदा में पाया जाने वाला एक बैक्टीरिया, *मायकोबैक्टीरियम वैक्से* चूहों में अवसादरोधी की तरह काम कर सकता है। जिन चूहों को *मायकोबैक्टीरियम वैक्से* का इंजेक्शन लगा उनमें सायटोकाइन ज़्यादा मात्रा में मिले, जिसकी वजह से उनके दिमाग़ में सेरोटोनिन का उत्पादन बढ़ गया। आप शायद सेरोटोनिन से परिचित होंगे — एक ऐसा तंत्रिकासम्प्रेषक जो अवसाद को कम करने और दुश्चिन्ता को नियमित करने में हमारी मदद करता है।

स्वस्थ मृदा को छूने (या सिर्फ़ श्वासग्रहण से) हम इस बैक्टीरिया के सम्पर्क में आ सकते हैं। जब भी कभी मायूसी महसूस हो तो मिट्टी में अपने हाथ सान लेना। तबीयत खुश हो जाएगी। दरअसल, किसी बग़ीचे में घूमकर भी आपका मूड बदल जाएगा।



अधिक जानने के लिए :

- मृदा में अवसादरोधी सूक्ष्मजीव - कैसे मिट्टी आपको ख़ुश कर देती है। URL: https://realfarmacy.com/antidepressant-soil/
- गर्म करके मार दिए गए पर्यावरण बैक्टीरिया *मायक्रोबैक्टीरियम वैक्से* का टीका लगाने से चूहों में मानसिक तनाव से जूझने की शक्ति बढ़ जाती है।URL: https://www.pnas.org/content/pnas/113/22/E3130.full.pdf.



रामगोपाल (रामजी) वल्लथ मोटीवेशनल वक्ता हैं। बच्चों की लोकप्रिय साइंस फ़िक्शन किताब, *ऊप्स द मायटी गर्गल* के लेखक हैं। स्कूलों में बच्चों को प्रेरणा भरे भाषण देते हैं, विज्ञान कार्यशालाएँ करते हैं। उनसे ramg@azimpremjifoundation.org पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** भाविनी पन्त



सहजता को ढाँचे में बाँधना : सीखने में विरोधाभास?

राधा गोपालन

स्वत:स्फूर्त खोजबीन में अर्थपूर्ण सीखना काफ़ी सरल प्रतीत हो सकता है। लेकिन क्या ढाँचाबद्ध स्थानों में भी इस तरह का अचम्भा और जिज्ञासा जगा पाना सम्भव है? क्या इन दोनों के बीच सेतु बनाना सम्भव हो सकता है? हम सीखने के ऐसे सत्रों की रचना कैसे करें कि विद्यार्थियों को वैज्ञानिक अवधारणाओं की स्वत:स्फूर्त समझ विकसित करने में मदद मिले?

"सीखना एक मानवीय गतिविधि है जिसमें किसी दूसरे के हस्तक्षेप की आवश्यकता सबसे कम होती है। अधिकांश सीखना निर्देशों का परिणाम नहीं होता है। यह तो किसी अर्थपूर्ण गतिविधि में बेरोक भागीदारी का परिणाम होता है।"

—इवान इलीच

अधिकांश अर्थपूर्ण सीखना अपने प्राकृतिक परिवेश में डूबकर या फिर बाग़वानी, पशुओं की देखभाल या खाद्य उत्पादन जैसे वास्तविक अनुभवों में स्वत:स्फूर्त और सहज ढंग से जुड़कर सम्पन्न होता है। इस तरह की खोजबीन से गहरी जिज्ञासा और आश्चर्य के भाव का पोषण हो सकता है। लेकिन क्या ढाँचाबद्ध स्थानों में 13-12 वर्ष के बच्चों के लिए सीखने की ऐसी जगह बनाना सम्भव है? विशेष रूप से यदि वैज्ञानिक अवधारणाएँ और कौशल सीखना है, तो ऐसे स्थानों को किस हद तक ढाँचे में बाँधना होगा? क्या इस तरह की ढाँचाबद्धता अचरज के उस एहसास को समाप्त कर देगी जो स्वत:स्फूर्त और अनपेक्षित खोजों से उत्पन्न होता है? मिडिल स्कूल के विद्यार्थियों के एक समूह के साथ, उनके आसपास के जीवन की विविधता की खोजबीन को प्रोत्साहित करने के उद्देश्य से सीखने का सत्र तैयार करते समय मैंने इन प्रश्नों का सामना किया।

सीखने के सत्र तैयार करना

मेरे विद्यार्थी उपनगरीय क्षेत्रों के निवासी थे और स्थानीय सरकारी स्कूल में पढ़ते थे। क्योंकि ये कोविड-19 लॉकडाउन के शुरुआती दिनों की बात है, इसलिए स्कूल परिसर और इसके प्राकृतिक परिवेश तक पहुँच सम्भव नहीं थी। जहाँ कुछ विद्यार्थियों को घरों के आसपास खुली जगह उपलब्ध

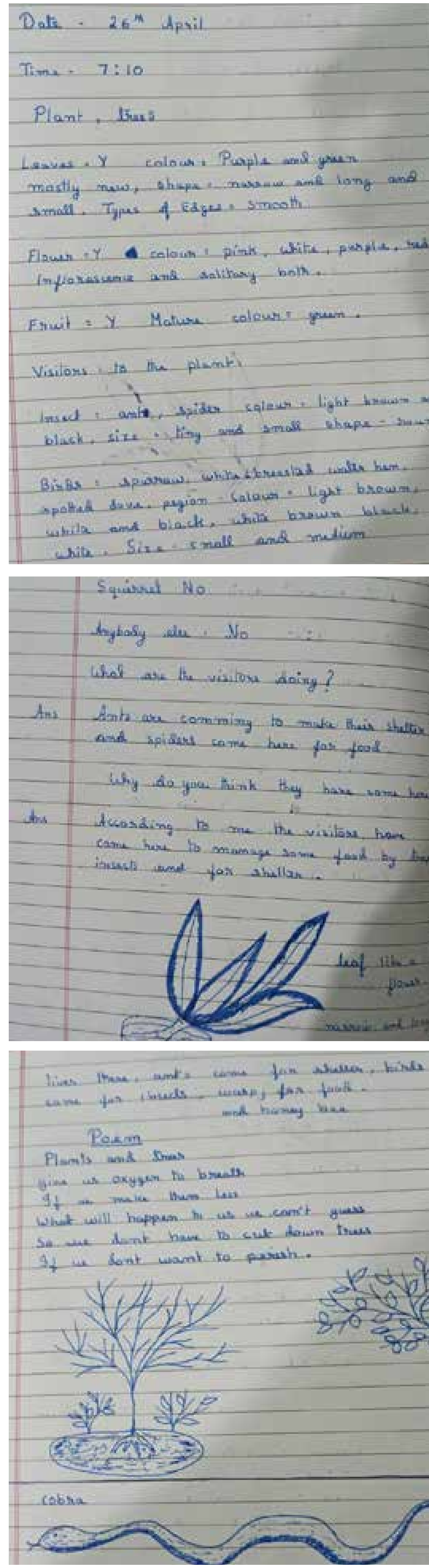
थी, वहीं कुछेक के घर में एक छोटा बग़ीचा था या फिर वे अपने घर की छत पर फूल और सब्ज़ियाँ उगाते थे। विद्यार्थियों के साथ मेरा जुड़ाव एक-एक दिन छोड़कर एक-एक घण्टे के छह ऑनलाइन सत्रों का रहा था। इन सत्रों के दो उद्देश्य थे – (i) विद्यार्थियों को देखने, सूँघने, सुनने और स्पर्श की इन्द्रियों का उपयोग करके अपने परिवेश के बारे में जानने के लिए प्रोत्साहित करना और (ii) ध्यानपूर्वक अवलोकन के महत्त्व का अन्वेषण करना ताकि उनमें जागरूकता पैदा हो सके और वे अपने परिवेश में होने वाले परिवर्तनों के प्रति संवेदनशील बन सकें। जिस दिन हमारा कोई सत्र नहीं होता, उस दिन बच्चों को अपने परिवेश (घरों के भीतर या बाहर के) की खोजबीन करने के लिए प्रोत्साहित किया जाता। इस खोजबीन की प्रक्रिया को खुला रखने और अनपेक्षित खोजों को मौक़ा देने के लिए, इन दिनों के लिए निर्देश कम-से-कम रखे गए थे।

एक परिचय सत्र के बाद तीन और सत्र हुए जिनमें बाहर की खोजबीन पर ध्यान दिया गया — पौधों, पक्षियों, कीटों तथा बग़ीचे में, पत्तियों पर और गमलों वगैरह में जीवन के अन्य रूपों का अवलोकन। आख़िरी के दो सत्रों में घर के अन्दर के जीवन में विविधता पर ध्यान केन्द्रित किया गया जिसमें मकड़ियों, बैग वर्म, चींटियों, तिलचट्टों और छिपकलियों का अवलोकन शामिल था। विद्यार्थियों को अपने अवलोकनों को रिकॉर्ड करने के लिए प्रोत्साहित किया गया। इसमें या तो चीज़ों को देखकर, सुनकर (जैसे चिड़िया/ जीव-जन्तु/ कीटों की ध्वनि), सूँघकर या छूकर; चित्र-बनाकर उन्हें प्रस्तुत करना था या फिर एक पंजी तैयार करना थी जिसमें प्रत्येक अवलोकन को उसकी तारीख़ और समय के साथ नोट किया गया हो। इसमें एक स्पष्ट निर्देश फोटो न लेने का था। इस निर्देश को इसलिए अपनाया गया ताकि विद्यार्थियों का पूरा ध्यान अपनी सारी इन्द्रियों के साथ अवलोकन की प्रक्रिया पर केन्द्रित हो सके।

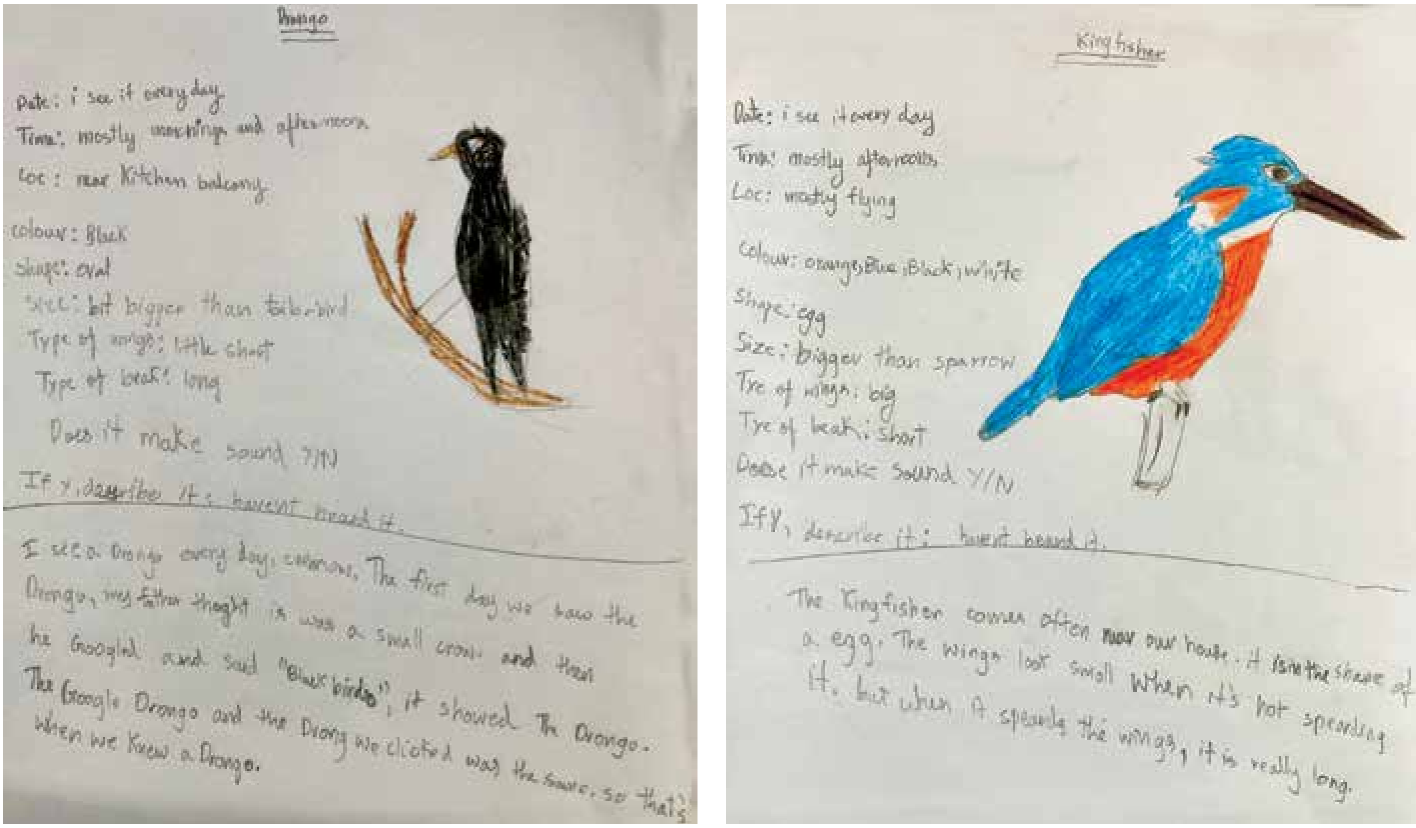
अपने आसपास के जीवन का अवलोकन

हमारे पहले सत्र के बाद विद्यार्थियों के कई सवाल थे, *"यदि हम पौधों, पक्षियों या कीड़ों की पहचान नहीं कर पाए तो? हमें कितने पक्षियों या पौधों का अवलोकन करना है? हम पक्षियों की ध्वनियों का वर्णन कैसे करेंगे? यदि मुझे कोई पक्षी या कीड़ा नहीं दिखा तो? क्या मुझे पक्षियों को देखने के लिए सुबह जल्दी उठना पड़ेगा?"* उनकी अधिकांश चिन्ताएँ इन बातों से सम्बन्धित थीं कि उन्हें क्या लिखना है और उनसे किस हद तक विवरण प्रदान करने की अपेक्षा की जाती है। कुछेक की यह चिन्ता थी कि उनका चित्रण कौशल *"बहुत बुरा"* है। अन्य का यह विचार था कि वे उन कीड़ों और मकड़ियों जैसे जीवों का अवलोकन कैसे करेंगे जिनसे वे डरते हैं। मैंने जवाब दिया, *"हमें खुद को एक मौक़ा देना चाहिए, जो सम्भव हो उसका अवलोकन करें, देखते हैं क्या परिणाम निकलते हैं। हम अपने अवलोकनों को अगले सत्र में प्रस्तुत करेंगे और आपकी चिन्ताओं को हल करने का भी प्रयास करेंगे।"*

दूसरे ऑनलाइन सत्र के दौरान, विद्यार्थियों ने अपने अवलोकनों का पहला सेट साझा किया। इन अवलोकनों में तालिकाबद्ध अवलोकनों (**चित्र- 1** देखें) के अलावा पक्षियों, फूलों के पौधे, पत्तियों, कीड़ों, पत्ती के आकार, रंग और शिरा विन्यास, पत्ती के किनारों



चित्र-1 : एक विद्यार्थी के एक पौधे को देखने के लिखित अवलोकन, रेखांकन और कविता



चित्र-2 : एक विद्यार्थी के एक पक्षी को देखने के लिखित अवलोकन और बनाए चित्र

और तनों पर पत्तियों की व्यवस्था (**चित्र-2** देखें) के रंगीन चित्र देखने को मिले। कुछ विद्यार्थियों ने अपने अवलोकनों पर लघु निबन्ध लिखे थे। कुछ अन्य विद्यार्थियों ने पत्तियों, पेड़ों की छाल और गुबरैले के शरीर की सतहों के टेक्स्चर को रिकॉर्ड करने के लिए स्पर्श इन्द्रियों का उपयोग किया। इस सत्र के अन्त में एक विशिष्ट निर्देश दिया गया। उनसे अवलोकन के प्रत्येक स्थान पर दिन में कम-से-कम तीन बार (सुबह, दोपहर, शाम) दोबारा जाने को कहा गया और निर्देश दिया गया कि प्रत्येक बार जाने पर कम-से-कम 15 मिनट तक उसका अवलोकन करें और अपने निष्कर्षों को रिकॉर्ड करें। इस प्रकार के 'ढाँचे' (विभिन्न समय पर अनेक अवलोकन) के उपयोग का उद्देश्य बच्चों को विस्तृत अवलोकन के तरीक़े सीखने में मदद करना और एक केन्द्रित और व्यवस्थित तरीक़े से पैटर्न और लय की तलाश करना सीखने में मदद करने का था।

तीसरे और चौथे सत्र तक, कुछ विद्यार्थियों ने अपने अनुभवों को साझा करने के तरीक़ों में बदलाव किया और एकतरफ़ा और प्रत्यक्ष अवलोकन से हटकर उन्होंने सवाल और टिप्पणियाँ करना शुरू किया, *"मुझे इस बात का एहसास ही नहीं था कि तितलियाँ इतने अलग-अलग प्रकार की हो सकती हैं। वे लम्बे समय तक न केवल फूलों पर बैठती हैं बल्कि पत्तियों पर भी बैठती हैं। उन्हें पत्तियों से क्या प्राप्त होता है? पक्षी तारों पर क्यों बैठते हैं? हमें आमतौर पर पक्षी सुबह या शाम के समय ही क्यों दिखते हैं? दोपहर के समय में वे क्या करते हैं? क्या उनके पास भी एक आन्तरिक घड़ी होती है? पक्षी केवल कुछ विशिष्ट पेड़ों पर ही क्यों जाते हैं? कीड़े छलावरण में कितने अच्छे होते हैं? मुझे इस बात का एहसास ही नहीं था कि ज़मीन के एक छोटे-से भाग में इतने विभिन्न प्रकार के कीड़े, विशेष रूप से चीटियाँ, हो सकते हैं। एक ही पौधे पर अलग-अलग रंग की पत्तियाँ क्यों होती हैं? पिछले कुछ दिनों में ही मुझे यह एहसास हुआ कि रात के समय भी काफ़ी शोर होता है — क्या यह शोर कीड़ों का होता है या उल्लुओं का? मुझे इस बात का बहुत दुख है कि मैं अपने बग़ीचे में उपस्थित इस प्रकृति को अनदेखा कर रहा था। यदि एक छोटे-से बग़ीचे में इतना कुछ हो रहा है, तो सोचिए कि एक जंगल या समुद्र में क्या हो रहा होगा! पिछले कुछ दिनों में जो कुछ हमने किया है क्या वह जीवविज्ञान का हिस्सा है? हम अपने स्कूल में पेड़, पक्षी, कीड़ों और कृमियों का अवलोकन करके जीवविज्ञान क्यों नहीं सीख सकते? हमें अपनी इन्द्रियों का उपयोग करना और अपने परिवेश के*

जीवन का निरीक्षण करना क्यों महत्त्वपूर्ण है?" एक समूह के रूप में जैसे ही हमने इन सवालों को समझने और चर्चा करने का प्रयास किया एक विद्यार्थी ने अचानक से एक पक्षी की आवाज़ निकलना शुरू किया जिस पर वह काफ़ी समय से महारत हासिल करना चाह रहा था ताकि हम सबके साथ साझा कर सके। वह बुलबुल की आवाज़ की बहुत अच्छी तरह से नक़ल कर रहा था।

आख़िरी के दो सत्रों में खोजबीन की प्रक्रिया घर के अन्दर पहुँच गई और फिर से विद्यार्थियों को एक ही स्थान पर बार-बार जाने के लिए प्रोत्साहित किया गया। इसके नतीजे में सवालों और टिप्पणियों का एक नया पुलिन्दा सामने आया, *"क्या हमें कीड़े-मकौड़ों को अपने घर में रहने देना चाहिए? मकड़ियाँ जाले कैसे बुनती हैं? कुछ मकड़ियाँ क्यों जाले बुनती हैं और अन्य बस इधर-उधर कूदती फिरती हैं? हमें अपने घरों के जालों को साफ़ नहीं करना चाहिए न? छिपकलियाँ वास्तव में काफ़ी उपयोगी होती हैं; यह हमारे घरों से चींटियों को दूर रखती हैं। जब एक चींटी भोजन देखती है तो वह अन्य चींटियों से कैसे संवाद करती है? वे कितनी अनुशासित होती हैं! मेरे घर में छिपकली क्यों नहीं हैं?"*

इन सवालों ने मकड़ियों पर बहस छेड़ दी, ख़ासकर मकड़ियों के जाले के रेशम के संघटन, उनके अण्डों की रक्षा करने, कीड़ों को पकड़ने और शिकार के उपकरण के रूप में इसके उपयोग को लेकर। सत्रों का समापन मिल-जुलकर रहने के विचार के साथ हुआ। विद्यार्थियों को यह समझ में आया कि जीवन हर जगह उपस्थित है, घर के बाहर भी और घर के अन्दर भी — इसे अपने आसपास महसूस करने के लिए उन्हें बस थोड़ा चौकन्ना रहना होगा।

सवालों से अवधारणाओं तक

प्रत्येक ऑनलाइन सत्र में जिन अवधारणाओं और परिघटनाओं की चर्चा की गई उनका निर्धारण विद्यार्थियों द्वारा उठाए गए सवालों के आधार पर ही हुआ था। उदाहरण के तौर पर किसी पारिस्थितिकी तंत्र में पौधों, कीड़ों और पक्षियों के बीच सम्बन्धों से सम्बन्धित प्रश्नों ने फ़ूड वेब (खाद्य संजाल) के साथ-साथ छलावरण की घटना और शिकार-शिकारी सम्बन्धों में इसकी भूमिका पर चर्चा को प्रशस्त किया। परागण से सम्बन्धित सवालों ने कई फलों, सब्ज़ियों और नट्स सहित बड़ी संख्या में हमारे द्वारा सेवन किए जाने वाले खाद्य पदार्थों के उत्पादन में परागण की भूमिका पर चर्चा को आगे बढ़ाया। पेड़ों के फलने-फूलने जैसी जैविक घटनाओं के पैटर्न और लय से सम्बन्धित प्रश्नों ने ऋतु-जैविकी (फ़ीनॉलॉजी), पक्षियों की पुकार और आवाज़ों के बीच अन्तर और कई पक्षी प्रजातियों में नर और मादा के रूप-रंग पर एक परिचयात्मक चर्चा का आगाज़ किया। इन चर्चाओं को पूर्व-नियोजित या ढाँचाबद्ध करने के बजाय इस तरीक़े का उपयोग करने से हमें विभिन्न सम्बन्धित सिद्धान्तों को सामूहिक रूप से एक-साथ जोड़ने का मौक़ा मिला।

क्या सहजता को ढाँचाबद्ध करना वास्तव में एक विरोधाभास है?

अक्सर देखा गया है कि सीखने के सत्र विशिष्ट विषयों जैसे पौधों, कीटों, सूक्ष्मजीवों, खाद्य शृंखलाओं और खाद्य संजाल आदि के आसपास गुथे होते हैं। कक्षा में इन विषयों को प्रस्तुत करने के बाद, गतिविधियों को उनके पर्यावरण के विशेष पहलुओं पर केन्द्रित करने के लिए तैयार किया जाता है। जब विद्यार्थी परागण जैसे विषय के बारे में सीखने के बाद अवलोकन करते हैं तब उनका ध्यान एक घटना के रूप में परागण के अवलोकन तक ही सीमित रहता है। परिणास्वरूप, उनके सवाल और सीखने के अनुभव शिक्षक की कल्पना से प्रेरित होते हैं और वहीं तक सीमित रहते हैं।

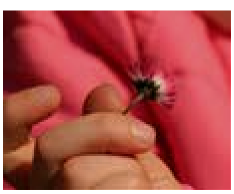
इसके विपरीत, विद्यार्थियों की प्रतिक्रियाओं के आधार पर चुनिन्दा ढंग से ऑनलाइन सत्रों को रचने से विद्यार्थियों को स्वतःस्फूर्त अवलोकन करने और खोज का अनुभव करने का मौक़ा मिलता है।

विशिष्ट बिन्दुओं पर ढाँचाबद्ध करने से केन्द्रित और व्यवस्थित अवलोकन और गहन अन्वेषण की अनुमति मिलती है — ये दोनों ही आसपास के पर्यावरण की सजगता पैदा करने के लिए महत्त्वपूर्ण हैं। यह बात तीसरे और चौथे सत्र में स्पष्ट हो गई जब विद्यार्थियों के अवलोकन की प्रकृति में परिवर्तन आया। एक स्थान पर कई बार वापस जाने से उन्हें सम्बन्धों में बदलाव, पैटर्नों और लय का एहसास हुआ। उदाहरण के तौर पर, पौधों पर किए जाने वाले निरन्तर अवलोकनों ने विद्यार्थियों को कीड़ों और फूलों के बीच सम्बन्धों तथा दिन के अलग-अलग समय में विभिन्न फूलों के बीच कीटों की गतियों के पैटर्न के बारे में जिज्ञासा को बढ़ावा दिया। इस जिज्ञासा और जाँच-पड़ताल से पौधों और कीटों के बीच कई सम्बन्धों में से परागण की समझ उभरकर सामने आई है। विद्यार्थियों ने कुछ इस तरह के सवाल उठाए, *"कीड़े फूलों के पास क्यों आते हैं? वे एक ही पौधे के एक फूल से दूसरे फूल पर क्यों जाते हैं? कुछ कीड़े एक पौधे के फूल से दूसरे पौधे के फूल पर क्यों आते-जाते रहते हैं? क्या वे भोजन के लिए ऐसा करते हैं?"* इन सवालों ने परागण और जलवायु परिवर्तन की चर्चा को जन्म दिया। क्योंकि विद्यार्थी इन अवधारणाओं तक

पाठ्यपुस्तकीय परिभाषा की बजाय अपने स्वयं के अनुभव से पहुँचे हैं, इसलिए इस तरीक़े ने सीखने के अधिक सक्रिय और समृद्ध अनुभवों की गुंजाइश दी।

इससे मुझे सीखने के दो अनुभवों में अन्तर के बारे में उत्सुकता हुई। एक चुनिन्दा ढंग से ढाँचाबद्ध सत्र विद्यार्थियों को अवलोकन करने, रिकॉर्ड करने, उसके परिणामों को समझने, सवाल करने और स्वयं के अवलोकनों से अनुमान लगाकर सीखने के लिए अपनी कल्पना और रचनात्मकता का उपयोग करने का मौक़ा देता है। अपने स्वयं के अनुभवों से सीखने के बाद जब विद्यार्थी पाठ्यपुस्तकों या अन्य स्रोतों में इनके सम्पर्क में आते हैं तो यह उनकी अवधारणात्मक समझ को अधिक मज़बूत और समृद्ध करता है। यह उन्हें प्राकृतिक घटनाओं के आपसी सम्बन्ध और जुड़ाव को देखने का मौक़ा देता है बजाय पाठ्यपुस्तक में इन्हें अलग-अलग विषयों के रूप में पढ़ने से। इस अनुभव ने मुझे विश्वास दिलाया कि अर्थपूर्ण शिक्षा के लिए ढाँचा और सहजता एक साथ अस्तित्व में रह सकते हैं। इसके साथ ही, एक शिक्षक एक मददगार के रूप में सीखने के व्यापक अनुभव प्रदान करने में मदद कर सकते हैं।

मुख्य बिन्दु



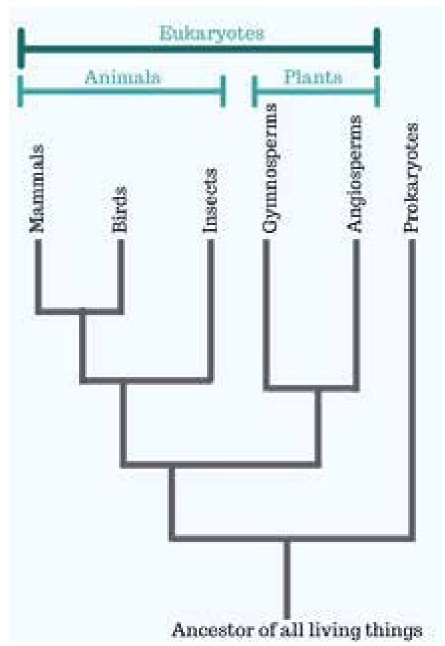
- अन्तर्क्रियात्मक सीखने में सहजता होती है तथा उत्सुकता और जिज्ञासा उत्पन्न होती है।
- विशिष्ट विषयों और अन्वेषणों के लिए तैयार किए गए सीखने के ढाँचाबद्ध अनुभव विद्यार्थियों की कल्पना और सीखने की क्षमता को सीमित कर सकते हैं।
- चुनिन्दा ढंग से ढाँचाबद्ध खुले सत्र एकाग्रता और गम्भीरता लाते हैं तथा जागरूकता और परिवर्तन के प्रति संवेदनशीलता का निर्माण करते हैं।
- न्यूनतम निर्देश (जैसे रिकॉर्ड करने, उनसे निष्कर्ष निकालने और अवलोकनों से परिणाम प्राप्त करने जैसे न्यूनतम निर्देश) देने से विद्यार्थियों में वैज्ञानिक विचारों की समझ समृद्ध हो सकती है।
- अवलोकन और सवाल पूछने के ज़रिए सीखने से विद्यार्थियों को सम्बन्धित वैज्ञानिक अवधारणाओं को अपने अनुभव के आधार पर जोड़ने का मौक़ा मिलता है।
- अर्थपूर्ण शिक्षा के लिए ढाँचाबद्धता और सहजता साथ-साथ रह सकते हैं। एक मददगार के रूप में शिक्षक अन्तर्क्रियात्मक सीखने का अनुभव प्रदान कर सकता है।

Note: Source of the image used in the background of the article title: _Alicja_ from Pixabay (free for commercial use). URL: https://pixabay.com/photos/daisy-the-child-s-hand-spring-4098732/. License: CC0.

राधा गोपालन पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। उन्होंने भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान (आईआईटी), बॉम्बे से पीएचडी प्राप्त की है। पर्यावरण परामर्श में 18 वर्ष के करियर के बाद उन्होंने ऋषि वैली एजुकेशन सेंटर में पर्यावरण विज्ञान पढ़ाया है। वे स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट, अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी में विज़िटिंग फैकल्टी हैं। आई वंडर पत्रिका के सम्पादकों में से एक और कुंडली इंटरनेशनल लर्निंग सेंटर, तेलंगाना की सदस्य हैं। **अनुवाद :** ज़ुबैर सिद्दीकी



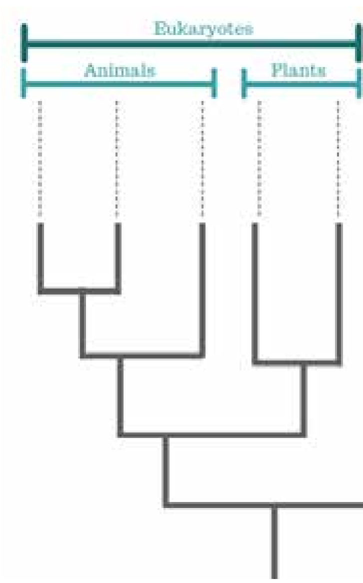
उद्विकास वंशवृक्ष
कैसे बनाया जाता है?



उद्विकास वंशवृक्ष ऐसे आरेख हैं जो विभिन्न प्रजातियों के बीच वैकासिक सम्बन्ध दर्शाने के लिए उपयोग किए जाते हैं। ये वृक्ष इन अनुमान के आधार पर बनाए जाते हैं कि वर्तमान प्रजातियाँ आपस में कितनी निकट सम्बन्धी हैं।

हम ऐसे अनुमानों पर कैसे पहुँचते हैं? पूर्व में, प्रजातियों के बीच का वैकासिक सम्बन्ध उनकी बाहरी बनावट (आकारिकी) के आधार पर पता लगाया जाता था। लेकिन यह तरीक़ा हमेशा विश्वसनीय नहीं होता है। दो प्रजातियों की शारीरिक बनावट में समानताएँ अभिसारी विकास नामक प्रक्रिया के कारण भी आ सकती हैं। अभिसारी विकास एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें दूरस्थ सम्बन्धी प्रजातियों में समान लक्षण विकसित हो जाते हैं। जैसे, पक्षी और चमगादड़ दोनों उड़ सकते हैं, लेकिन हम जानते हैं कि चमगादड़ स्तनधारी जीव हैं और उनका वैकासिक इतिहास पक्षियों से अलग है। प्रजातियों के बीच वैकासिक सम्बन्ध पता लगाने की आधुनिक विधियों में देखते हैं कि कोई वर्तमान प्रजाति की आनुवंशिक सामग्री समय के साथ कैसे बदली होगी; इसके लिए उत्परिवर्तन दर को लेकर कुछ मान्यताएँ ली जाती हैं, पूर्व की भूगर्भीय घटनाओं को देखा जाता है, वग़ैरह। ये विधियाँ कहीं अधिक विश्वसनीय रूप से वर्तमान प्रजातियों के वैकासिक इतिहास को निर्धारित करने में मदद कर सकती हैं।

वृक्ष बनाओ गतिविधि



पृष्ठभूमि : आप इस मान्यता के आधार पर एक उद्विकास वंशवृक्ष बना सकते हैं कि जिन जीवों के साझा पूर्वज होने की सम्भावना है, उन्हें एक गठान से निकलने वाली शाखाओं के सिरे पर रखेंगे। उदाहरण के लिए, दाहिने ओर का ऊपर वाले चित्र में बना वंशवृक्ष दर्शाता है कि कैसे सभी सजीवों का पूर्वज एक ही था, जिसमें से प्रोकैरियोट्स (केन्द्रकविहीन) और यूकेरियोट्स (केन्द्रकयुक्त) अलग-अलग हुए। यूकेरियोट्स के अन्तर्गत पौधे और प्राणी का एक साझा पूर्वज है। नग्नबीजी (जिम्नोस्पर्म) और आवृतबीजी (एंजियोस्पर्म) का पादपनुमा साझा पूर्वज था; पक्षी, कीट और स्तनधारियों का एक साझा प्राणीनुमा पूर्वज था।

विद्यार्थियों के लिए गतिविधि : अपने विद्यार्थियों को उपरोक्त पृष्ठभूमि और नीचे सूचीबद्ध किए गए छह वर्गकों (टैक्सा) के बारे में बताएँ। उनसे यह पता लगाने के लिए कहें कि ये वर्गक किन श्रेणियों में आते हैं — प्राणी, पौधे, प्रोकैरियोट्स, पक्षी, जिम्नोस्पर्म आदि। उन्होंने जो सीखा क्या उसकी मदद से वे इन वर्गकों को दाहिनी ओर दिए वंशवृक्ष में दर्शा पाएँगे?

- *नेटम उला (Gnetum ula)*
- *बैसिलस थुरिंजिनिसिस (Bacillus thuringiensis)*
- *उपुपा एपॉप्स (Upupa epops)*
- *एक्टियस लूना (Actias luna)*
- *कैर्योटा यूरेन्स (Caryota urens)*
- *प्लैटानिस्टा गेंजेटिका (Platanista gangetica)*

शिक्षकों के लिए : विद्यार्थियों से इन वर्गकों की तस्वीरें लाने, चार्ट पेपर पर वंशवृक्ष बनाने और तस्वीरों को सही जगह पर चिपकाने के लिए कहा जा सकता है। इस चार्ट को अपनी कक्षा में लगाना न भूलें!

गीता रामास्वामी सीज़नवॉच (www.seasonwatch.in) प्रोजेक्ट की प्रमुख हैं। सीज़नवॉच बेंगलूरु स्थित नेचर कंज़र्वेशन फ़ाउण्डेशन (NCF) की ट्री फ़ेनोलॉजी के माध्यम से मौसम को समझने के उद्देश्य का एक सिटीजन साइंस प्रोजेक्ट है। गीता रामास्वामी से geetha@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** प्रतिका गुप्ता



हाइड्रोपोनिक खेती

आश्रम शाला के आदिवासी बच्चों के साथ

प्रशान्त वहुले

बच्चे अपनी असल ज़िन्दगी के अनुभवों और अवलोकनों के साथ कक्षा में आते हैं। क्या इन अनुभवों और अवलोकनों का कक्षा में सीखने से कोई सम्बन्ध है? क्या बच्चे विज्ञान सीखने की प्रक्रिया में प्रमुख भागीदार बन सकते हैं? इस प्रक्रिया में शिक्षक की क्या भूमिका हो सकती है?

शिक्षा में अक्सर चर्चित एक दृष्टिकोण यह है कि बच्चे ख़ाली घड़े की तरह होते हैं, जिन्हें भरने की ज़रूरत है या फिर गीली मिट्टी की तरह जिसे शिक्षक द्वारा आकार देने की ज़रूरत है। यह दृष्टिकोण इस धारणा पर आधारित है कि वैज्ञानिक ज्ञान अपने आप में पूर्ण है, और इसे उसी रंग-रूप में शिक्षक द्वारा बच्चों तक पहुँचाना चाहिए। यह धारणा या तो बच्चों द्वारा कक्षा में लाए हुए रोज़मर्रा की ज़िन्दगी के ज्ञान को अनदेखा करती है या उसे अवैज्ञानिक मानकर ख़ारिज कर देती है। इससे बच्चों को अपने अनुभवों और अवधारणाओं, जो उनके पाठ्यचर्या का हिस्सा हैं, के बीच के सम्बन्ध को खोजने और उससे सीखने का मौक़ा नहीं मिल पाता। लेकिन, अगर हम बच्चों को ऐसे मौक़े दें तो?

मैंने इस सम्भावना को महाराष्ट्र में औरंगाबाद से 45 किलोमीटर दूर तीसगाँव में स्थित आश्रम शाला के मिडिल स्कूल के बच्चों के साथ ढूँढ़ने और समझने का प्रयास किया। इस शाला में बच्चे 90 किलोमीटर के दायरे में फैले दूर-दराज़ के इलाक़ों और विभिन्न आदिवासी समुदायों से आते हैं। क्योंकि उनकी ज़िन्दगी और संस्कृति जंगलों से जुड़ी है, जहाँ उनका घर भी है, अक्सर इन बच्चों का आसपास की प्राकृतिक दुनिया से गहरा जुड़ाव होता है। यह जुड़ाव बच्चों में पौधों, मौसमी चक्र और लय, और अन्न उगाने के विभिन्न सांस्कृतिक तरीक़ों से जुड़े ज्ञान को काफ़ी हद तक बढ़ाता है। अनाज और खेती से उनके जुड़े ज्ञान को मासिक बातचीत के दौरान समझने के बाद, मैंने स्कूली पाठ्यचर्या का एक विषय ‘पौधे उपजाने में

बॉक्स-1 : हाइड्रोपोनिक्स क्या है?

हाइड्रोपोनिक खेती एक ऐसी मिट्टी-रहित तकनीक है जिसमें बीजों के अंकुरण और उनसे पौधे बनने के लिए पानी माध्यम बनता है, ठीक उसी तरह जिस तरह सामान्यत: मिट्टी माध्यम बनती है। इसका सबसे बड़ा लाभ यह है कि खेती के अन्य तरीक़ों के मुक़ाबले इस तरीक़े में कम पानी और कम जगह लगती है। इसका मतलब है कि किसान इसे हरा चारा उगाने के लिए इस्तेमाल कर सकते हैं। इसी तरह, जिन घरों में सीमित जगह है वे इस तकनीक का इस्तेमाल कर अपने घर में ख़ुद के लिए जैविक सब्ज़ियाँ उगा सकते हैं। इसके अलावा, यह तकनीक पौधों को मिट्टी वाले रोगजनकों से जुड़ी बीमारियों से बचा सकती है।

मिट्टी की भूमिका' को लेकर एक गतिविधि तैयार की।

आमतौर पर माना जाता है कि सभी बीजों को अंकुरित होने और बढ़ने के लिए मिट्टी की ज़रूरत होती है। लेकिन हाइड्रोपोनिक तकनीक पौधे को बिना मिट्टी के उगने में मदद करती है (**बॉक्स-1** देखें)। क्या हम इस खेती के तरीक़े से, प्रायोगिक रूप में, मिडिल स्कूल के बच्चों का परिचय करा सकते हैं? यह किस तरह उनके पौधों में वृद्धि की समझ और उनके खेती के पूर्व अनुभवों से जुड़ पाएगी?

पूर्व-तैयारी

मैंने कक्षा सातवीं और आठवीं के बच्चों को चर्चा के माध्यम से इस गतिविधि का परिचय दिया। उनके शिक्षकों को भी इस चर्चा में शामिल होने का आमंत्रण दिया।

मैंने चर्चा की शुरुआत इस प्रश्न से की : *"क्या तुम्हारे पास खेत हैं?"*

"हाँ, हैं !" बच्चों ने कहा।

मैंने पूछा, *"कौन-कौन से जानवर खेती करने में मदद करते हैं?"*

बच्चों ने गाय, बैल, भैंस, कुत्ता, बकरी, मुर्गी, बिल्ली आदि के नाम लिए।

मैंने पूछा, *"इनमें से कौन-से जानवर दूध देते हैं? वे क्या खाते हैं?"*

"हमें गायों, भैंसों और बकरियों से दूध मिलता है। वे हरी घास और सूखा चारा खाती हैं। सूखे चारे को मराठी में कड़बा या कुट्टी कहते हैं।"

मैंने पूछा, *" क्या हम हरी घास जानवरों को पूरे साल खिला सकते हैं?"*

बच्चों ने कहा, " नहीं, हमें हरी घास सिर्फ़ बारिश और ठण्ड के मौसम में मिलती है। पूरे साल इन जानवरों को हरी घास खिलाना मुमकिन नहीं है। "

मैंने पूछा, *"तुम उन्हें गर्मी के मौसम में क्या खिलाते हो?"*

उत्तर था, *"हम उन्हें बारीक कटा हुआ सूखा चारा थोड़ा नमक मिलाकर देते हैं।"*

मैंने पूछा, *"क्या होगा अगर हम इन जानवरों को, ख़ासकर दूध देने वाले जानवरों को, हरी घास खिलाएँ?"*

कुछ समय के लिए पूरी कक्षा में चुप्पी छा गई। मैंने सोचा कि शायद यह सवाल मैंने कुछ जल्दी पूछ लिया।

कुछ समय बाद, तीसरी बेंच पर बैठे बच्चे ने उत्तेजित होकर कहा, *"उनके दूध देने की क्षमता बढ़ जाएगी।"*

मैंने कहा, *"क्यों? क्या तुम इसे थोड़े और विस्तार से समझा सकते हो?"*

उसने कहा, *"अगर हम दूध देने वाले जानवरों को हरी घास दें तो वे ज़्यादा दूध देंगे, और वह दूध थोड़ा गाढ़ा भी होगा। मैंने इसे अपने गाँव में होते हुए देखा है।"* कुछ बच्चे यह सुनकर हँस पड़े। शायद उन्हें इस सम्बन्ध के बारे में पता नहीं था या शायद उस बच्चे ने पहली बार अपने अनुभव को इस प्रकार से बताया था।

मैंने दूसरा प्रश्न पूछा, *"गर्मी के मौसम में क्या होता है, जब सभी जगह सूखा पड़ता है।"*

बच्चों ने अलग तरह से जवाब दिया, *"सूखा बहुत ही बुरा समय है। हमें पीने के पानी के लिए बहुत दूर तक चलना पड़ता है। जानवरों को पीने के लिए पानी नहीं मिलता। तालाब सूख जाते हैं, खेती रुक जाती है, गर्मी के पहले बोई हुई फसल को निकाल दिया जाता है, जानवरों को चारा नहीं मिलता आदि।"*

मैंने पूछा, *"अगर हरी घास जानवरों को गर्मी के मौसम में भी उपलब्ध करा दी जाए तो?"*

बच्चे एक-दूसरे से बात करने लगे। इतने में पिछली बेंच से आवाज़ आई, *"दूध देने वाले जानवर और मज़बूत बन जाएँगे, ज़्यादा दूध देंगे और हमारी आमदनी भी बढ़ जाएगी।"*

"क्या हम अपने जानवरों के लिए साल के बारह महीने हरी घास उपलब्ध करवा सकते हैं?"

बच्चों ने कहा, *"ये बिल्कुल भी मुमकिन नहीं लगता! फसल को पानी की ज़रूरत होती है। हम गर्मी के मौसम में घास के लिए कहाँ से पर्याप्त पानी लाएँगे?"*

मैंने पूछा, *"और क्या पौधे बिना मिट्टी के उपज सकते हैं?"*

बच्चे हँसने लगे। लेकिन कुछ मिनटों के बाद, वे आपस में हैरानी से इसकी सम्भावना पर चर्चा करने लगे। उनमें से कुछ मेरी तरफ़ कोई सुराग़ पाने के लिए देखने लगे। फिर एक लड़की बोली, *"नहीं, बिना मिट्टी के हम कुछ भी उगा नहीं सकते।"* कुछ और बच्चों ने इसका समर्थन किया।

मैंने कहा, *"हाँ, हम बिना मिट्टी के कुछ उगा नहीं सकते, लेकिन क्या हम केवल पानी में*



चित्र-1 : अंकुरित दानों को उगने की जगह देने के लिए हवा प्रवाह के लिए छिद्रित ट्रे और/ या कटोरियों का इस्तेमाल।

Credits: Prashanth Wahule. License: CC-BY-NC.

कुछ उगा सकते हैं?"

फिर से, बच्चों ने कहा, *"नहीं!"*

मैंने पूछा, *"जब हम ज़मीन में बीज बोते हैं, तो वह उगता है। क्यों? मिट्टी के पास ऐसा क्या होता है जो उन्हें उगने में मदद करता है?"*

" ज़मीन में खाद होती है, पानी होता है। मिट्टी में सूक्ष्मजीव होते हैं। मिट्टी में केंचुएँ रहते हैं और वे मिट्टी में पाई जाने वाली लकड़ी और पत्तियों को खाते हैं। उनके द्वारा उत्सर्जित अपशिष्ट पौधों को पोषण देता है।"

"लेकिन अगर हम बिना मिट्टी के पौधे उगा पाएँ तो? क्या तुम सभी कोशिश करना चाहोगे? "

हालाँकि सारे बच्चों ने एक सुर में कहा, *"हाँ!"*, लेकिन उनके चेहरे पर साफ़ दिख रहा था कि उन्हें ये बात नामुमकिन लग रही थी।

बॉक्स-2 : हम अनाज को कपड़े से क्यों ढँकते हैं?

बच्चों द्वारा दिया गया जवाब सिर्फ़ एक हद तक सही है। अनाज को ढँकने के लिए कपड़े का इस्तेमाल इसलिए किया जाता है ताकि हवा का प्रवाह बना रहे। यदि हम कार्डबोर्ड या प्लास्टिक शीट से बीजों को ढँकेंगे तो हवा का आना-जाना बाधित होगा। हालाँकि ट्रे को कपड़े से ढँकने से इसे चूहों से नहीं बचा पाएँगे, लेकिन इससे नमी ज़्यादा समय तक बनाए रखने में मदद मिलेगी।

छोटी-सी शुरुआत

हमने गतिविधि की शुरुआत एक किलोग्राम गेहूँ से की (स्कूल भण्डारगृह में उस समय सिर्फ़ गेहूँ उपलब्ध था)। मैंने बच्चों को गेहूँ के दानों को पानी की कटोरी में भिगोने को कहा (**गतिविधि एक** देखें)।

जब मैंने देखा कि बच्चे सतह पर तैर रहे दानों को निकाल रहे थे, तब मैंने पूछा, *"तुम सभी ने उन दानों को बाहर क्यों निकाला?"*

आपस में एक छोटी चर्चा करने के बाद, एक बच्चे ने कहा, *"यह बोने के बाद उगेंगे नहीं।"*

मैंने पूछा, *"क्यों?"*

उस बच्चे ने कहा, *"क्योंकि यह ख़राब हैं।"*

दूसरे बच्चे ने कहा, *"उन्हें कीड़े लग गए हैं इसलिए हमने इन्हें निकाल दिया।"*

हमने भीगे हुए गेहूँ के दानों को चार ट्रे (जिसमें हवा आने-जाने के लिए छेद थे) में बिछाया। हर ट्रे में दानों की परत 1 सेंटीमीटर की रखी। मैंने बताया कि यह इसलिए किया है ताकि सारे दानों को एक समान हवा, पानी और धूप मिल पाए। अगर दानों की परत इससे मोटी होगी, तो नीचे के दानों को धूप नहीं मिल पाएगी और इसके कारण उसमें फफूँद लग जाने से दाने ख़राब हो सकते हैं। बाद में, जब बीज अंकुरित हो जाते हैं, यह छेद जड़ों को फैलने के लिए भी जगह देते हैं (**चित्र - 1** देखें)। मैंने बच्चों से एक कपड़ा लाने को कहा जिससे ट्रे को ढँका जा सके। एक लड़की अपना पुराना सफ़ेद दुपट्टा लाई और अच्छे से ट्रे को ढँक दिया।

मैंने पूछा, *"तुम सभी को क्या लगता है कि मैंने ट्रे को कपड़े से क्यों ढँका?"*

बच्चों ने कई तर्क दिए – हवा और सूरज की रोशनी को अन्दर जाने से रोकने के



चित्र-2 : बच्चों ने हाइड्रोपोनिक तकनीक से उगाए गेहूँ को धूप में फफूँद लगने से रोकने के लिए रखा।

Credits: Prashanth Wahule. License: CC-BY-NC.

लिए, गीले गेहूँ में जो पानी मौजूद है उसे वाष्पीकृत होने से बचाने के लिए, चूहों को अन्दर घुसने से रोकने के लिए, या नमी बनाए रखने के लिए (**बॉक्स-2** देखें)।

मैंने पूछा, *"अब जब हमने दानों को भिगो लिया है, तुम्हें क्या लगता है कि आगे क्या होगा?"*

"यह दाने सुबह तक कपड़े से ढँकी ट्रे में नमी के कारण अंकुरित हो जाएँगे।"

मैंने पूछा, *"तुम्हें यह कैसे पता चला* जबकि हाइड्रोपोनिक खेती का यह तुम्हारा पहला अनुभव है?"

उनमें से एक ने कहा, *"हम मटकी उसल (अंकुरित साबुत मूँग) खाते हैं। और उसल बनाने से पहले उसे गीले कपड़े में रखते हैं।"*

बाक़ी बच्चे उससे सहमत थे, और ऐसा लगा कि मेरा आधा काम हो गया था। बच्चों ने गेहूँ के अनाज को लेकर और चार ट्रे बनाईं। मैंने उन्हें ट्रे को अँधेरी जगह में रखने को कहा ताकि बीज सूरज की रोशनी के कारण सूखें न।

फिर बच्चों ने यही गतिविधि मेथी और धनिया के बीजों के साथ की। लेकिन इस बार हमने बीजों को छिद्रित कटोरियों (ये छेद हवा के प्रवाह के लिए थे ताकि बीजों को हवा बेहतर तरीक़े से मिले) में एक काग़ज़ बिछाकर फैलाया। फिर उन्हें भिगोया। कुछ बच्चों ने एक छोटे स्प्रे पम्प से बीस दिनों तक दिन में दो बार इन कटोरियों में पानी देने की ज़िम्मेदारी उठाई। ऑक्सीजन युक्त छोटे बुलबुले देने के लिए पम्प सबसे सस्ता साधन है। इनके इस्तेमाल से वृद्धि कर रहे पौधों की जड़ों तक अच्छी तरह वायु पहुँचाने में मदद मिलती है।

अब ज़रूरत थी धीरज और नियमित अवलोकन की। क्योंकि बच्चे आश्रम शाला में रहते थे, उन्होंने काफ़ी दिलचस्पी से कक्षा के पहले, कक्षा के दौरान और बाद



चित्र-3 : दो आदिवासी बच्चों ने विज्ञान प्रदर्शनी में अपने हाइड्रोपोनिक पर प्रयोग और अनुभव की प्रस्तुति दी।

Credits: Prashanth Wahule. License: CC-BY-NC.

बॉक्स-3 : हाइड्रोपोनिक खेती में पोषक तत्व

हालाँकि बिना छना नल का पानी चारा उगाने के लिए पर्याप्त होता है, लेकिन यदि मानवीय उपयोग के लिए फसल उगाने में छना पानी इस्तेमाल करते हैं और उसमें सहायक पोषक तत्व (मुख्यतः नाइट्रोजन, फ़ॉसफ़ोरस, और पौटेशियम) से पुनः खनिजीकरण करने की ज़रूरत पड़ सकती है। ये पोषक तत्व प्राकृतिक स्रोतों जैसे खाद, रासायनिक उर्वरक और कृत्रिम पोषक विलयन से मिल सकते हैं। हाइड्रोपोनिक्स में पोषक तत्वों के प्रबन्धन के बारे में और जानने के लिए, यह देखें : https://www.youtube.com/watch?v=6S6n3E3F4z0.

ट्रे और कटोरियों का अवलोकन किया। वे रोज़ अपने विज्ञान की शिक्षक को अपनी गतिविधियों और अवलोकनों की रपट देते थे। जब भी मुमकिन हुआ, वे मुझे फ़ोन कर अपने अवलोकन बताते थे। तीन-चार दिनों में बीज अंकुरित हो गए और पौधे बड़े होने लगे। हालाँकि मैं स्कूल का दौरा नहीं कर पाया लेकिन बच्चे मुझे पूरी प्रगति और स्थिति बताते रहे, और जब भी कोई समस्या आई तो उन्होंने मुझसे सलाह ली। नौवें दिन, बच्चों ने मुझे बताया की ट्रे में कुछ फफूँद लगने लगी थी।

सीधा हल सुझाने की बजाय, मैंने बच्चों से पूछा, *"फफूँद किस कारण लगी होगी?"*

एक लड़का बोला, *"सर, यहाँ दो दिन से बहुत बादल छाए हैं। और ट्रे अन्दर से बहुत गरम हो जाती है इसलिए गेहूँ में फफूँद लग गई होगी।"*

कुछ बच्चे दुखी हो गए। उन्हें लगा कि उनकी सारी मेहनत पर पानी फिर गया। लेकिन एक दिन बाद, उनके एक शिक्षक ने मुझे कुछ तस्वीरें भेजीं जिसमें बच्चों ने सारी ट्रे बाहर धूप में रखी थीं। (**चित्र-2** देखें)। इससे फफूँद लगना कम हो गया था। न मैंने और न ही दूसरे शिक्षकों ने बच्चों को ऐसा करने को कहा था; उन्होंने यह ख़ुद ही किया। मुझे मौक़ा नहीं मिल पाया

जानने का कि बच्चों ने क्यों ट्रे धूप में रखी थी। यह समझ उनमें कहाँ से आई? यह शायद अपने माता-पिता को घर और खेत में काम करते हुए देखकर आई होगी।

जब मेरी एक सहकर्मी शीतल ने आश्रमशाला का दौरा किया, तो बच्चों ने अपने अनुभव उसके साथ साझा किए; और मुझसे फ़ोन पर बात करने की इच्छा जताई। शीतल ने मुझे गेहूँ, मेथी और धनिया के पौधों की तस्वीरें भेजीं। तस्वीरों को देखकर मुझे लगा की इतनी मेथी उग गई थी कि दो लोगों लायक कड़ी (सब्ज़ी) बनाई जा सके। क्योंकि हमने कम मात्रा में गेहूँ बोए थे, उसकी उपज यह जानने के लिए बहुत कम थी कि इससे दूध देने वाले जानवरों की दूध देने की क्षमता में बढ़ोतरी होगी या नहीं।

इस गतिविधि के माध्यम से बच्चों ने नमी, फफूँद, जगह बनाने की योजना, पानी की व्यवस्था, समय की नियमितता, अवलोकन आदि की समझ विकसित की। इस दौरान उन्हें कीटनाशक-मुक्त पौधे भी देखने को मिले। यह प्रयास सिर्फ़ इस एहसास तक सीमित नहीं था कि 'बच्चे खेती कर सकते हैं।' इससे कई प्रश्न भी बच्चों के मन में उपजे जिन्हें उन्होंने अपने शिक्षक के साथ साझा किया। उदाहरण के लिए, *"हम और कौन-सी फसल इस तकनीक से उगा सकते हैं? हम फफूँद लगने से कैसे रोक सकते हैं? पौधों की वृद्धि के लिए खाद ज़रूरी है। हम इसे हाइड्रोपोनिक खेती के ज़रिए बढ़ने वाले पौधों को कैसे दे सकते हैं?"*

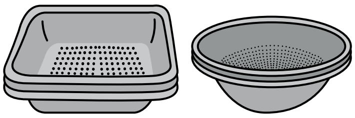
मैंने शिक्षक के साथ फ़ोन पर इन सवालों के उत्तर देने की कोशिश की (**बॉक्स-3** देखें)। किसी एक चर्चा के दौरान, एक शिक्षक ने बताया कि इस तरह की गतिविधि द्वारा हम बच्चों को बीज, पत्तियाँ और जड़ सम्बन्धी पाठ्यक्रम की अवधारणाएँ आसानी से सिखा सकते हैं। विद्यार्थियों ने अपने हाइड्रोपोनिक खेती के अनुभव विज्ञान प्रदर्शनी में साझा करने की इच्छा जताई। दो विद्यार्थियों को इसकी प्रस्तुति के लिए चुना गया। हालाँकि वे इस नए अनुभव से थोड़े सहमे लग रहे थे, दोनों विद्यार्थियों ने ग़ज़ब का आत्मविश्वास दिखाया – न केवल अपने समूह के प्रयास के बारे में बात रख पाने में बल्कि जज और दूसरे प्रतिभागियों के प्रश्नों का जवाब देने में भी (**चित्र-3** देखें)। मुझे लगता है यह आत्मविश्वास, जो कभी-कभी ही देखने मिलता है, इस अनुभव में किए गए प्रयास, सूक्ष्म अवलोकन, दिलचस्पी से आया था।

चलते चलते

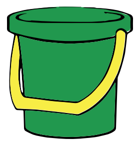
आश्रमशाला में हाइड्रोपोनिक खेती के इस संक्षिप्त अनुभव ने मुझे ऐसे विषयों को सिखाने और गतिविधियाँ तैयार करने के लिए प्रेरित किया जिनसे बच्चों को अपनी असल दुनिया के अनुभवों को व्यक्त करने और उन्हें कक्षा में साझा की गई अवधारणाओं और गतिविधियों से जोड़कर समझने के मौक़े मिलें। उदाहरण के लिए, हाइड्रोपोनिक खेती विद्यार्थियों के लिए एक ऐसी मिसाल और माध्यम थी जिससे बच्चे बीजों का अंकुरण, पौधे उगाने में मिट्टी, जड़ों और पानी की भूमिका आदि के बीच सम्बन्ध बना पाए। इससे उन्हें एक-दूसरे के भोजन और खेती से जुड़े सन्दर्भों और अनुभवों से सक्रिय सहयोग करके सीखने का मौक़ा मिला।

गतिविधि – एक : पौधों को बिना मिट्टी के उगाना

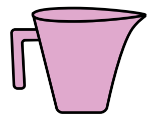
आपको चाहिए :



प्लास्टिक ट्रे या छिद्रित प्लास्टिक कटोरियाँ (हल्की और पोर्टेबल, बहुत सारे छेदों के साथ जिससे बीज को हवा और जगह मिलती रहे ताकि उसकी जड़ों को बढ़ने का मौक़ा मिले)



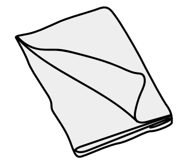
बाल्टी



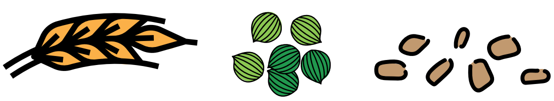
मग



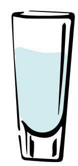
स्प्रे पम्प



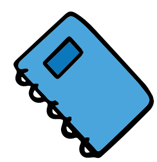
कपड़ा (हो सके तो सूती)



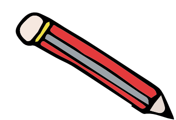
कुछ बीज जो आसानी से मिल जाएँ जैसे गेहूँ, धनिया, मेथी आदि।



पानी



नोटबुक



पेन/ पेन्सिल

क्या करना है :

1. बीजों को 2 घण्टे या रातभर भीगने के लिए रख दें।
2. ट्रे या कटोरी में भीगे हुए बीजों की 1 सेंटीमीटर मोटी परत बनाकर रख दें।
3. ट्रे या कटोरी को कपड़े से ढँक दें और छाया में रख दें।
4. 20 दिनों तक, दिन में दो बार स्प्रे पम्प से पानी डालकर बीजों में नमी बनाए रखें।
5. बीजों में जो बदलाव आ रहा है उसका अवलोकन करें।
6. अपने अवलोकनों को आगे दी गई तालिका में दर्ज करें।

चर्चा करें :

- बीज को अंकुरित होने के लिए कितना समय लगता है?
- क्या अलग-अलग बीजों के रूप-आकार और उगने की गति में फ़र्क़ है?
- जड़ों को बाहर निकालने में कितना समय लगता है?
- यह पौधे कितने समय तक जीवित रहते हैं?
- हाइड्रोपोनिक तकनीक से उपजे पौधे सामान्य मिट्टी में उपजे पौधों से किन-किन बातों में अलग होते हैं?

i wonder... Rediscovering school science

प्रशान्त वहुले एकलव्य फ़ाउण्डेशन, औरंगाबाद में रिसर्च एसोसिएट के तौर पर काम करते हैं। उनकी प्राथमिक और मिडिल स्कूल शिक्षा से जुड़े शोध-विषयों में रुचि है। वे खेती में भी काफ़ी दिलचस्पी रखते हैं। वे लेख और कविताओं के ज़रिए सामाजिक मुद्दों पर अपने अनुभव साझा करते हैं।

Azim Premji University

दिन	गेहूँ की फसल	धनिए के बीज	मेथी के बीज
दिन 1			
दिन 2			
दिन 3			
दिन 4			
दिन 5			
दिन 6			
दिन 7			
दिन 8			
दिन 9			
दिन 10			
दिन 11			
दिन 12			
दिन 13			
दिन 14			
dिन 15			
दिन 16			
दिन 17			
दिन 18			
दिन 19			
दिन 20			

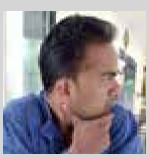
मुख्य बिन्दु



- बच्चे अपने सन्दर्भ और जीवन अनुभवों से ज्ञान को कक्षा में लाते हैं।
- ऐसी गतिविधियाँ जो बच्चों के पूर्वज्ञान को कक्षा में जगह देती हैं, वे बच्चों को असल दुनिया के अनुभवों को विज्ञान कक्षा की अवधारणाओं के साथ एक मज़बूत सम्बन्ध बिठाने और समझ बनाने में मदद करती हैं।
- बच्चों द्वारा जाँच-पड़ताल करने, चर्चा करने और साझेदारी से काम करने जैसी प्रक्रियाओं को प्रोत्साहित करने से बच्चे एक आत्मविश्वासी विद्यार्थी के रूप में विकसित होते हैं।

आभार : लेखक नीतिका मीणा और पूजा मूळे को इस लेख के अँग्रेज़ी संस्करण पर मिली सम्पादकीय मदद के लिए उनका शुक्रिया अदा करते हैं। इससे उन्हें अपने विचारों को स्पष्टता से रखने में मदद मिली।

Note: Source of the image used in the background of the article title: Green fodder from wheat, grown by children using hydroponics. Credits: Prashanth Wahule.



प्रशान्त वहुले एकलव्य फ़ाउण्डेशन, औरंगाबाद में रिसर्च एसोसिएट के तौर पर काम करते हैं। उनकी प्राथमिक और मिडिल स्कूल शिक्षा से जुड़े शोध-विषयों में रुचि है। वे खेती में भी काफ़ी दिलचस्पी रखते हैं। वे लेख और कविताओं के ज़रिए सामाजिक मुद्दों पर अपने अनुभव साझा करते हैं। **अनुवाद :** संदीप दुबे



पृथ्वी का महत्त्व क्या है :
नई तालीम

जब मैंने यूँही पूछा कि क्या होगा अगर इस साल बारिश नहीं हो? तो एक बच्चे ने खीजकर जवाब दिया, "क्यों नहीं होगी बारिश? फिर पक्षियों का क्या होगा?" मैं सेवाग्राम स्थित आनन्द निकेतन स्कूल की छटवीं कक्षा में पढ़ने वाले बच्चों के साथ बैठा था। सामने ज़मीन का एक टुकड़ा था जिसमें बच्चों ने भिण्डी और बैंगन बोए थे। हल्की-सी सिंचाई कर बच्चों ने अपने खेत की निराई-गुड़ाई कर दी थी। बस अब बारिश का इन्तज़ार था। जुलाई का आख़िरी हफ़्ता आ चुका था मगर आसमान में कहीं काले बादल नहीं दिख रहे थे। गर्मी का मौसम दो महीनों से कहीं अधिक खिंच चुका था। नीम के पेड़ की पत्तियाँ भी सूखने लगीं थीं।

नई तालीम के पाठ्यक्रम के हिसाब से बच्चों ने खेतीबाड़ी का कार्य शुरू कर दिया था। हम खेतीबाड़ी के कामों से गणित, विज्ञान, सामाजिक अध्ययन और भाषा की अवधारणाओं को जोड़ते थे, लेकिन यह महज़ पढ़ाई नहीं रह जाती। ज़मीन, पक्षियों, कीड़े-मकौड़े और मौसम के साथ बच्चों का गहरा जुड़ाव बनने लगता है। बच्चों के लिए पहली बारिश का मतलब सिर्फ़ कीचड़ में खेलना नहीं रह जाता — हालाँकि यह भी एक महत्त्वपूर्ण अनुभव है। ज़मीन की प्यास बुझना, पत्तियों के रंग गहराना, पँछियों का नहाना और किसान की जान-में-जान आना — बच्चे इन्हें भी महसूस करते हैं। ये उनके जीवन्त अनुभव हैं। प्रकाश संश्लेषण, परागण, वाष्पोत्सर्जन, पौधों की संरचना, यह सभी दिमाग में एयर-टाइट डिब्बों की सुघड़ व्यवस्था नहीं हैं। ये अवधारणाओं को अनुभव करने की प्रक्रिया है, जो अकेले नहीं बल्कि सजीवों और निर्जीवों के साथ विकसित होती रहती है। यह गणित में घुलती है, सामाजिक अध्ययन से जुड़ती है, भाषाओं से मिलती है।

कुछ दिनों बाद जब बारिश आई तो बच्चों की ख़ुशी का ठिकाना नहीं रहा। अपने खेत को खरपतवार से बचाने के लिये बच्चों ने दिन-रात एक कर दिए। चीटियों और कीड़े-मकौड़ों से भरे खेत की छँटाई करना आसान नहीं मगर बच्चों को मालूम था कि यह मेहनत बेकार नहीं है। उन्हें पृथ्वी का महत्त्व समझाने की ज़रूरत नहीं थी।



अद्वैत देशपाण्डे ने अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु से एमए शिक्षा की उपाधि प्राप्त की है। वर्तमान में सेवाग्राम के आनन्द निकेतन स्कूल में पढ़ा रहे हैं। उनसे adwaitsdeshpande@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** भाविनी पन्त



सामान्य ज्ञान विज्ञान की कक्षा में

के के मशूद व पुण्य मिश्र

कई बार विद्यार्थियों को वैज्ञानिक विचारों और अपने सामान्य ज्ञान में टकराव का एहसास होता है। इस तरह के टकरावों को कक्षा में किस तरह से देखा जाए? क्या हम इन सामान्य ज्ञान के विचारों को ग़लत मानें, या फिर मिथक? वैकल्पिक रूप से क्या हम इन विचारों को असली समझ विकसित करने में एक महत्त्वपूर्ण संसाधन या पूँजी के रूप में देखें?

"...सृजनशील वैज्ञानिक केवल असाधारण रूप से प्रतिभाशाली मनुष्य नहीं हैं — उनकी भी हमारी तरह जैविक और सामाजिक पृष्ठभूमि है। विज्ञान के इतिहास के दौरान वैज्ञानिकों ने जो समस्या-समाधान की रणनीतियों की खोज की है और पद्धतियों के प्रतिरूप विकसित किए हैं वे सामान्य तर्क और कार्यपद्धतियों के प्रतिरूप के जटिल और परिष्कृत परिणाम हैं।"

— नैन्सी नरसैसियन (Nancy Nersessian)

बच्चे अपने आसपास की दुनिया को सहजता, कल्पनाशीलता और सामाजिक रूप से समझते-बूझते हैं — जिसे हम दुनिया के बारे में एक सामान्य ज्ञान या कॉमन सेंस विकसित करना कहते हैं (देखें **चित्र-1**)। उदाहरण के लिए, उन्हें पता होता है कि यदि रेल की पटरी पर फँसी एक छोटी कार एक तेज़ और विशाल ट्रेन से टकराती है तो क्या होगा। जबकि छोटी कार कुचल जाएगी या बलपूर्वक फिंका जाएगी, बड़ी-सी ट्रेन को कम ही नुक़सान होगा। इसलिए, यह कोई आश्चर्य की बात नहीं कि विद्यार्थी यह मानकर चलते हैं कि कार ट्रेन की तुलना में अधिक बल से मार खाएगी।

लेकिन उनके शिक्षक उन्हें बताते हैं कि न्यूटन के तीसरे नियम के अनुसार (प्रत्येक क्रिया की एक समान और विपरीत प्रतिक्रिया होती है), **कार और ट्रेन पर लगने वाला बल एक समान है!** यह बच्चों की मान्यता के बिल्कुल विपरीत है। इसलिए हम अपेक्षा करेंगे कि ऐसे बताए जाने पर कक्षा में हुड़दंग मच जाएगा जब विद्यार्थी अपना-अपना दृष्टिकोण प्रस्तुत करना चाहेंगे।

लेकिन, कक्षा में ऐसा नहीं होता, कुछ अपवादों को छोड़कर। हालाँकि यह उनके सहज ज्ञान के विपरीत लगता है (जो उन्हें अपने सामान्य ज्ञान से सही लगता है), विद्यार्थी अपने शिक्षक का कथन चुपचाप सुन लेंगे। उनमें से जो विद्यार्थी ज़्यादा कर्त्तव्यनिष्ठ हैं शायद शिक्षक का कहा अपनी कॉपी में नोट भी कर लेंगे। पर इसका यह अर्थ नहीं कि उन्होंने अपनी



चित्र-1 : बच्चे अपने आसपास की दुनिया को अन्तर्ज्ञान/सहजबुद्धि, कल्पनाशीलता और सामाजिक सन्दर्भ के माध्यम से देखते और समझते हैं – इस प्रकार उनमें दुनिया के बारे में एक सामान्य बोध या कॉमन सेंस पर आधारित समझ विकसित होती है।

Credits: The image to the left is by Ramesh Lanwani, through Wikimedia Commons (URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Girls_Playing.jpg; License: CC-BY). The image to the right is by foxypar4c, through Wikimedia Commons (URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Street_Cricket,_Uttar_Pradesh,_India.jpg; License: CC-BY). Illustration and design by Punya Mishra. License CC-BY-NC.

सोच बदल ली है। उनकी चुप्पी का यह अर्थ नहीं है कि वे न्यूटन के तीसरे नियम से सहमत हैं या उसे समझ गए हैं।

वास्तव में, ऐसे पर्याप्त अनुभवजन्य साक्ष्य हैं, यह दिखाने के लिए कि अधिकांश विद्यार्थी दरअसल यही सोचते हैं कि कार पर लगा बल ट्रेन पर लगने वाले बल से कहीं अधिक है। विस्तृत शिक्षण के बाद भी वे यही सहज समझ को अपनाए रखते हैं। यह सिर्फ़ भारत में नहीं, बल्कि पूरी दुनिया में सही पाया गया है। जब सामान्य ज्ञान के सामने प्रत्यक्ष शिक्षा पेश की जाती है, तब आमतौर पर सामान्य ज्ञान की जीत होती है — भले ही यह कक्षा में विद्यार्थियों के जवाबों से स्पष्टता से प्रतीत न हो।

शिक्षकों के रूप में हमारे लिए यह सवाल है — विज्ञान शिक्षण में सामान्य ज्ञान की इन धारणाओं की क्या भूमिका है? यदि वे महत्त्वपूर्ण हैं, तो हम ऐसा क्या कर सकते हैं ताकि विद्यार्थी उन्हें व्यक्त कर पाएँ? वैज्ञानिक ज्ञान को विकसित करने में हम विद्यार्थियों को उसका उपयोग, सामान्य ज्ञान पर चर्चा करने व तर्क प्रस्तुत करने में कैसे प्रेरित कर सकते हैं? हम मानते हैं कि इन सवालों का जवाब, कुछ हद तक इस बात पर निर्भर है, कि **हम बच्चों के विचारों के बारे में किस तरह की सोच रखते हैं**? क्या हम उन्हें सही समझ विकसित करने में एक बाधा, एक कमी या एक संसाधन मानते हैं?

अन्धकार युग/तमोयुग (डार्क ऐज), नवयुग (रैनसांस) और ज्ञानोदय (एनलायटेनमेंट)

"...मुझे समझ नहीं आता कि ऐसे स्व-प्रसारित तंत्र में कैसे कोई शिक्षित हो सकता है, जिसमें लोग परीक्षा उत्तीर्ण करते हैं, दूसरों को भी परीक्षा उत्तीर्ण करना सिखाते हैं, पर कोई कुछ नहीं जानता।"

- रिचर्ड फाइनमैन (Richard Feynman)

कार और ट्रेन की भिड़न्त के उदाहरण में, कई विद्यार्थी यह मानते हैं कि ट्रेन द्वारा लगाया बल, कार द्वारा लगाए बल से अधिक है। शिक्षक व शिक्षण के शोधकर्ता, विद्यार्थियों की इस प्रकार की धारणाओं या विचारों की प्रकृति और भूमिका को तीन मुख्य तरीक़ों से समझते हैं।

1. विद्यार्थियों के विचार या तो सही हैं या ग़लत — एक दोहरा मूल्यांकन

विद्यार्थियों के विचारों को सही या ग़लत ठहराना शायद सबसे पुराना और पारम्परिक दृष्टिकोण है, जो आज भी बहुत प्रचलित है। यह दृष्टिकोण इस धारणा पर आधारित है कि वैज्ञानिक ज्ञान परम है और इसमें परिवर्तन लाना या संशोधन करना सम्भव नहीं है। एक विद्यार्थी की समझ या तो इससे मेल खाती है या नहीं खाती। कोई

बॉक्स-1 : क्या आपको पता था?

ज्याँ पियाजे ने व्यवस्थित ढंग से इस बात का अध्ययन किया कि बच्चे अपनी संज्ञानात्मक विकास की प्रक्रिया और दुनिया के साथ होने वाली अन्त:क्रिया के माध्यम से किस तरह सीखते हैं और सोचने व ज्ञान निर्माण के पैटर्नों को कैसे पहचान पाते हैं। उनकी अन्तर्दृष्टि के आधार पर, विज्ञान शिक्षण के शोधकर्ताओं ने विज्ञान के विभिन्न टॉपिक या विषयों के बारे में विद्यार्थियों की ग़लत या वैकल्पिक अवधारणा की एक विस्तृत शृंखला की पहचान की है।

दूसरे शब्दों में कहें, तो अपनी मनमानी करने की बजाय, विद्यार्थियों ने दुनिया के बारे में एक सुसंगत समझ विकसित की है।

भी विचार जो उससे मेल नहीं खाता, वह ग़लत है और उसे बदलना होगा।

यह परिपेक्ष्य अक्सर एक ऐसे बड़े आख्यान का हिस्सा होता है जहाँ शिक्षक को ज्ञान का प्रदाता माना जाता है। इस तरह, ज्ञान शिक्षक द्वारा संचारित किया जाता है, और विद्यार्थियों से अपेक्षा की जाती है कि वे इसे ज्यों-का-त्यों ग्रहण कर लें। उनकी समझ का मूल्यांकन इस आधार पर किया जाता है कि वह शिक्षक द्वारा कही बात से कितना मेल खाती है और शिक्षक के प्रति कितनी निष्ठा दर्शाती है। विद्यार्थी के विचार, उनकी प्रकृति और उनकी उत्पत्ति सीखने की प्रक्रिया के लिए अप्रासंगिक है।

2. विद्यार्थियों की धारणाओं को भ्रम मानना — दक्षता हासिल करने में एक अवरोध

ज्याँ पियाजे जैसे लोगों के काम पर आधारित यह दृष्टिकोण मानता है कि अधिकांश विद्यार्थियों की धारणाओं में, भले ही वे ग़लत हों, एक संरचना और मज़बूती झलकती है (देखें **बॉक्स-1**)।

इस दृष्टिकोण के अनुसार, विज्ञान शिक्षण का उद्देश्य ग़लत विचारों को पहचानना है, उन्हें सम्मुख रखना और उन्हें सही धारणाओं से बदलना है। हालाँकि यह दृष्टिकोण दोहरा (सही/ग़लत) दृष्टिकोण की तुलना में थोड़ा अधिक प्रगतिशील है, यह दृष्टिकोण भी बच्चों की ग़लत धारणाओं को दक्षता हासिल करने के पथ में एक बाधा के रूप में ही देखता है। साफ़-साफ़ कहें तो विद्यार्थियों को जो सन्देश दिया जाता है वह है, *"हम तुम्हारे विचारों को सुनेंगे, पर यदि वह हमारे विचारों से मेल नहीं खाते तो तुम्हें उन्हें जल्द-से-जल्द छोड़ देना पड़ेगा।"*

3. विद्यार्थियों के विचार संसाधन के रूप में — दक्षता के विकास के लिए आवश्यक

यदि हम पहले वर्णित किए गए दो दृष्टिकोणों को विज्ञान शिक्षण के अन्धकार युग/तमोयुग (डार्क ऐज) और नवयुग (रैनसांस) के रूप में देखते हैं, तो अगले चरण को ज्ञानोदय (एनलायटेनमेंट) का युग कहा जा सकता है। यह दृष्टिकोण विद्यार्थियों की वैकल्पिक अवधारणाओं की सृजनशीलता और उत्पादन की क्षमता को पहचानता और सराहता है। वह यह पहचानता है कि वैज्ञानिक भी अपने भीतर समृद्ध, जटिल और कभी-कभी भिन्न



चित्र-2 : जब ट्रेन और कार की टक्कर की चर्चा न्यूटन के तीसरे नियम के आधार पर की जाती है, तब विद्यार्थी अक्सर परिदृश्य की कल्पना अपने अनुभवों के आधार पर करते हैं।

समझ रखते हैं।[1] इस प्रकार, वैकल्पिक अवधारणाओं को बाधा के रूप में देखने की बजाय उन्हें दुनिया को समझने के सुसंगत ढाँचे बनाने की शुरुआती स्तर की कोशिशों के रूप में देखा जा सकता है।

इसका अर्थ है कि विद्यार्थियों को अब वैज्ञानिकों के साथ एक सान्तत्यक या निरन्तरता में रखा है। विद्यार्थियों के विचार या धारणाएँ अधिक परिष्कृत ज्ञान संरचनाओं के निर्माण में मूलभूत अंग बन जाती हैं।। इसका अतिरिक्त लाभ यह होता है कि उनमें स्वामित्व और समर्थता की भावना बढ़ जाती है। यह पद्धति, जहाँ विद्यार्थी अपने ख़ुद के ज्ञान के आधार पर नया ज्ञान निर्मित करते हैं, रचनावाद का मूल तत्व है। इससे विद्यार्थियों की भूमिका, विशेषज्ञों की तुलना में उनका दर्जा और सीखने-सिखाने के अन्तर्निहित रूपक बदल जाते हैं।

क्या न्यूटन का तीसरा नियम सामान्य ज्ञान पर वार करता है? बिल्कुल नहीं!

जब ट्रेन और कार के टक्कर की चर्चा न्यूटन के तीसरे नियम के सन्दर्भ में की जाती है, तब विद्यार्थी अक्सर परिदृश्य की कल्पना अपने अनुभव के आधार पर करते हैं (देखें **चित्र-2**)।

उनकी कल्पना में जो सामने आता है वह है एक विशाल, तेज़ गति से चलने वाली वस्तु जो छोटी वस्तु से टकराती है। उनके अनुभव में, इसका परिणाम लगभग हमेशा यह होता है कि छोटी वस्तु फेंकी जाती है या कुचली जाती है। इस मानसिक अनुकरण या सिम्युलेशन से ही, विद्यार्थी ये अनुमान लगाते हैं कि कार पर ट्रेन द्वारा लगने वाला बल, ट्रेन पर कार द्वारा लगने वाले बल से अधिक है। जबकि भौतिकी बल को एक मात्रा के रूप में परिभाषित करती है जिसमें टकराने वाली दोनों वस्तुओं का त्वरण (acceleration) और द्रव्यमान (mass) दोनों शामिल है। विद्यार्थियों का टक्कर के बल के बारे में अनुमान केवल त्वरण के गुण पर आधारित है (जो कि उनके सामान्य ज्ञान के तर्क में अव्यकृत रूप से सम्मिलित किया जाता है)। विच्छिन्नता के आभास को तब घटाया जा सकता है यदि हम टक्कर के उदाहरण को इस प्रकार विखण्डित करें जिसमें सामान्य ज्ञान की धारणाओं को स्वीकारा जाता है और बल की औपचारिक परिभाषा के साथ जोड़ा जाता है।[2] शिक्षण के लिए इस पद्धति के निहितार्थ क्या हैं?

शिक्षण के लिए निहितार्थ

न्यूटन का तीसरा नियम जैसे विषयों को सिखाने के लिए अक्सर नियम की परिभाषा बताई जाती है, फिर एक दृष्टान्त देने वाला उदाहरण दिया जाता है और आख़िर में उस पर आधारित शाब्दिक सवालों को हल करना होता है। यह न केवल सीखने की दृष्टि से अप्रभावी है, बल्कि वह इस बात को भी नज़रअन्दाज़ कर देता है कि विद्यार्थी विज्ञान में विचारों के विकास को कैसे समझते हैं। साथ ही यह तरीक़ा, सीखने में विद्यार्थियों की ख़ुद की सक्रियता को भी नकार देता है। एक अधिक प्रभावी पद्धति के लिए अनुसन्धान निम्न दिशानिर्देश प्रदान करते हैं :

(अ) विद्यार्थियों के विचारों को अभिव्यक्ति का मौक़ा दें :

विद्यार्थियों को शिक्षकों द्वारा बाँटे गए ज्ञान के निष्क्रिय श्रोता/ग्रहता मानने की बजाय, ऐसे सक्रिय प्रयासों में निवेश करें/समय लगाएँ जिससे विद्यार्थी अपने विचारों को अभिव्यकत कर पाएँ। हमारी कक्षाओं में मौजूद चुप्पी की संस्कृति को बातचीत और तर्क-वितर्क की संस्कृति का मार्ग प्रशस्त करना चाहिए। एक पारम्परिक व्याख्यान-आधारित कक्षा में हम इसे किस प्रकार सुगम बना सकते हैं?

कैसे लागू करें : किसी विषय के बारे में भूमिका देने के बाद पूरी कक्षा से 10-5 मिनट बहुविकल्पी सवाल पूछें। सवाल इस तरह बनाए जाने चाहिए कि दिए गए अलग-अलग विकल्प विद्यार्थियों के विचारों और वैकल्पिक अवधारणाओं को समाविष्ट करें। दूसरे शब्दों में, विकल्प ऐसे होने चाहिए जो कक्षा में विद्यार्थियों को अपने विचारों को व्यक्त करने के लिए एक मचान या स्कैफोल्ड के रूप में काम कर सकें। उसके पश्चात, विद्यार्थियों के बीच एक ऐसी चर्चा करवाएँ, जिससे वे तर्क-वितर्क करने के लिए प्रोत्साहित हो सकें और एक-दूसरे को अपने विकल्प की सत्यता के बारे में विश्वास दिलाने की कोशिश करें।[3,4]

(ब) कक्षा में विज्ञान की परिचर्चा में मानवीय पहलुओं को शामिल करें :

किसी विषय के बारे में केवल उसकी मूल विषय-वस्तु के बारे में सिखाने की बजाय, यह महत्त्वपूर्ण है कि विद्यार्थियों को वैज्ञानिकों के विचार करने और उन्हें विकसित करने की प्रक्रिया के बारे में एक स्पष्ट छवि प्राप्त हो सके। विज्ञान में ज्ञान निर्माण के उद्यम में मानवीय तत्वों को देखने से विद्यार्थियों को यह समझ आता है कि वैज्ञानिक हमेशा सही नहीं होते और वह अपने विचारों को परिष्कृत करने में निरन्तर लगे रहते हैं। उन्हें इस बात को भी समझने में मदद मिलती है कि कैसे वैज्ञानिक भी अक्सर एक-दूसरे से काफ़ी असहमत रहते हैं। विज्ञान को एक मानवीय गतिविधि के रूप में देखने से, जिसमें वे सभी त्रुटियाँ और पूर्वाग्रह हैं जो सभी मनुष्यों में होते हैं, विद्यार्थियों को दुनिया की प्रकृति के बारे में बेहतर समझ बनाने में सामूहिक (या सामाजिक) प्रक्रिया में अपनी भूमिका को पहचानने में मदद मिलती है।

कैसे लागू करें : ऐसी ऐतिहासिक घटनाएँ प्रस्तुत करें जो यह दर्शाती हैं कि पूर्व में महान विचारकों की धारणाएँ भी

विद्यार्थियों की आज की धारणाओं के समान हुआ करती थीं।[5] उदाहरण के लिए, अरस्तू, कई विद्यार्थियों की तरह यह मानते थे कि स्थिरता वस्तुओं की प्राकृतिक अवस्था होती है, और गति में बल निहित है।

चलते चलते

आइन्स्टाइन ने एक बार कहा था कि "सम्पूर्ण विज्ञान रोज़मर्रा की सोच के परिष्करण से ज़्यादा कुछ नहीं है।"

हालाँकि, विज्ञान की यह छवि कि वह सार्वजनिक है और चर्चा पर आधारित प्रक्रिया है जिसमें रोज़मर्रा के अनुभव व कल्पनाएँ निहित हैं, कई बार कक्षा के सन्दर्भ में अस्पष्ट या गायब हो जाती है। इसके साथ ही प्रामाणिक रूप से और सक्रियता से सीखने की कई सम्भावनाएँ लुप्त हो जाती हैं। विज्ञान के बारे में लोकप्रिय धारणा में मौजूद इस अलगाव को विद्यार्थियों की धारणाओं और वैज्ञानिक अवधारणाओं की खाई को पाटकर सम्बोधित किया जा सकता है। हम ऐसे शैक्षणिक दृष्टिकोण को अपनाने की आवश्यकता पर ज़ोर देते हैं जिससे विद्यार्थियों को यह एहसास हो सके कि विज्ञान की कई औपचारिक अवधारणाएँ उनकी धारणाओं के जैसी धारणाओं से उभरती हैं, और इन धारणाओं को वैज्ञानिकों द्वारा क्रमश: विस्तृत साक्ष्यों के आधार पर परिष्कृत किया जाता है।

मुख्य बिन्दु

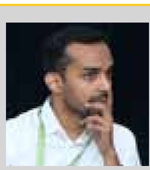


- अपने रोज़मर्रा के अनुभवों के आधार पर बच्चे दुनिया के बारे में एक 'सामान्य ज्ञान' या 'कॉमन सेंस' की समझ विकसित करते हैं। कई बार उनकी यह समझ विज्ञान की कक्षा में सिखाई गई औपचारिक अवधारणाओं से परस्पर-विरोधी प्रतीत होती है।
- विद्यार्थियों की धारणाओं को सही और ग़लत के रूप में बाँटना और उन्हें सीखने में अवरोध मानना आवश्यक नहीं। बजाय इसके उन्हें वैज्ञानिक अवधारणों के बारे में एक परिष्कृत समझ उत्पन्न करने में संसाधन के रूप में देखा जा सकता है।
- सामान्य ज्ञान की धारणाओं को स्वीकारने के लिए वैज्ञानिक सिद्धान्तों का विभाजन करना और फिर उन्हें औपचारिक परिभाषाओं से जोड़ने से विद्यार्थियों की धारणाओं और वैज्ञानिक अवधारणाओं के बीच की खाई को पाटने में मदद मिल सकती है।
- विद्यार्थियों को अपनी धारणाओं को व्यक्त करने का मौक़ा देना और विज्ञान की कक्षा में 'मानवीय' पहलू लाने से, विद्यार्थियों को विज्ञान को एक मानवीय गतिविधि के रूप में देखने, और विज्ञान में ज्ञान की रचना में ख़ुद की भूमिका पहचानने में मदद मिल सकती है।

Note: Background image credit: Gerd Altmann from Pixabay (free for commercial use). URL: https://pixabay.com/illustrations/rays-pattern-center-abstract-5562064/. Wordcloud created on Wordart.com. Illustration and design by Punya Mishra. License: CC-BY-NC.

References:

1. Smith III, J. P., DiSessa, A. A., & Roschelle, J. (1994). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences, 3*(2), 115-163.
2. Hammer, D., & Elby, A. (2003). Tapping epistemological resources for learning physics. *The Journal of the Learning Sciences, 12*(1), 53-90.
3. Close, K., Bowers, N., Mehta, R., Mishra, P., & J. Bryan Henderson (2019) Students as teachers: How science teachers can collaborate with their students using peer instruction. *iwonder...*(5), 24-28. URL: http://bit.do/Peer-instruction.
4. McKagan, S. (2021, March 12). Where can I find good questions to use with clickers or Peer Instruction? PhysPort. URL: https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93637.
5. Karandikar, R. & Sen, S. The Birth of Antibiotics. *iwonder...* (4), 52-55. URL: https://rb.gy/nqbaq8.



के के मशूद होमी भाभा सेंटर फ़ॉर साइंस एजुकेशन,, टाटा इंस्टीट्यूट ऑफ़ फ़ंडामेंटल रिसर्च (HBCSE, TIFR), मुम्बई में प्राध्यापक हैं। उनका डॉक्टरेट कार्य चक्रीय गतिविज्ञान (rotational kinematics) हेतु अवधारणात्मक सूची का विकास और मूल्यांकन से सम्बन्धित था। मशूद की रुचि भौतिकी शिक्षण अनुसन्धान और संज्ञानात्मक विज्ञान में है। उनसे mashood@hbcse.tifr.res.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।



पुण्य मिश्र (web: punyamishra.com) ऐरिज़ोना स्टेट यूनिवर्सिटी में प्रोफ़ेसर एवं स्कॉलरशिप व इनोवेशन के असोसिएट डीन हैं। उनसे punya.mishra@asu.edu पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** अनु गुप्ता

विविध



वर्तमान में उद्‌विकास की एक कहानी
शिकार और बीजों का आकार

उद्‌विकास की चर्चा में कुछ सवाल बार-बार उठते हैं — अलग-अलग जीवों में लक्षण कितनी जल्दी विकसित होते हैं? क्या हम उद्‌विकास का अध्ययन वर्तमान में भी कर सकते हैं? क्या मनुष्यों की क्रियाएँ अन्य जीवों में भी लक्षणों के विकास को प्रभावित करती हैं? वैज्ञानिकों के एक समूह [गेलेटी (Mauro Galetti) और उनके साथी] द्वारा 2013 में किया गया एक अध्ययन कुछ रोचक समझ प्रदान करता है।

पृष्ठभूमि : दक्षिण अमेरिका के घने जंगलों मे फलभक्षी पक्षियों की भरपूर विविधता है। इनमें से कुछ जंगलों में मनुष्यों द्वारा शिकार के चलते विजन्तुकरण (defaunation — बड़े आकार के जन्तुओं का पारिस्थितिकी तंत्र से बाहर हो जाना) की स्थिति बन गई। गेलेटी और उनके साथी यह पड़ताल करना चाहते थे कि क्या जंगल में इस परिघटना की वजह से ताड़ की एक प्रजाति (यूट्रिप एड्यूलिस - *Eutrepe edulis*) की आबादी में फलों के विशिष्ट आकार का चयन हो सकता है? ताड़ की इस प्रजाति के बीजों का प्रकीर्णन पक्षियों द्वारा किया जाता है।

उनकी परिकल्पनाएँ : विजन्तुकरण से बड़े आकार के पक्षियों की जनसंख्या ख़त्म हो जाती है और छोटे आकार के पक्षी केवल छोटे बीजों का ही बिखराव करते हैं। छोटे आकार के बीजों से छोटे बीजों वाले ताड़ के पेड़ ही बनेंगे। इसलिए विजन्तुकृत जंगलों में छोटे आकार वाले बीजों के ताड़ के पेड़ बहुतायत में होने की सम्भावना है। दूसरे शब्दों में, विजन्तुकृत जंगलों में छोटे बीज वाले पाम के पेड़ ज़्यादा दिखाई देंगे। गेलेटी और उनके साथियों ने अपनी परिकल्पना का परीक्षण कैसे किया?



अध्ययन : शोधकर्ताओं ने ब्राज़ील के 22 विजन्तुकृत जंगलों और अछूते जंगलों में से ई. एड्यूलिस के बीजों के नमूने लिए। उन्होंने विभिन्न आकार के बीजों की आवृत्ति की गणना की। इसकी तुलना उन्होंने छोटे आकार के बीज खाने और उनका बिखराव करने वाले (थ्रशर जैसे) पक्षियों द्वारा खाए जा सकने वाले अधिकतम आकार के बीजों से की और यह देखने की कोशिश की कि अधिकांश बीजों का प्रकीर्णन छोटे पक्षियों द्वारा हो रहा है या बड़े पक्षियों द्वारा हो रहा है? गेलेटी और उनके साथियों ने क्या देखा?

परिणाम :

- विजन्तुकृत जंगलों में छोटे आकार के बीज (जो छोटे पक्षियों द्वारा खाए जाने की ऊपरी सीमा से छोटे हों) ज़्यादा आवृत्ति में देखे गए।
- जिन जंगलों मे विजन्तुकरण नहीं हुआ था वहाँ छोटे और बड़े दोनों आकार के बीज काफ़ी बार देखे गए।

उनके निष्कर्ष : इससे शोधकर्ता इस निष्कर्ष पर पहुँचे कि बड़े फलभक्षी पक्षियों को इन जंगलों के पारिस्थितिकी तंत्र से हटाने पर, विजन्तुकृत जंगलों में मात्र छोटे आकार के बीजों का प्रकीर्णन, उत्तरजीविता और प्रजनन होने लगा है। दूसरे शब्दों में विजन्तुकृत जंगलों में ई. एड्यूलिस में छोटे आकार के बीज चयनित किए गए हैं। यह वर्तमान में किसी पौधे में लक्षण के तेज़ी से उद्विकास का एक उदाहरण है।

Reference: Functional Extinction of Birds Drives Rapid Evolutionary Changes in Seed Size. Mauro Galetti, Roger Guevara, Marina C. Côrtes, Rodrigo Fadini, Sandro Von Matter, Abraão B. Leite, Fábio Labecca, Thiago Ribeiro, Carolina S. Carvalho, Rosane G. Collevatti, Mathias M. Pires, Paulo R. Guimarães Jr., Pedro H. Brancalion, Milton C. Ribeiro & Pedro Jordano. *Science*, 31 May 2013: Vol. 340, Issue 6136, pp. 1086-1090. URL: https://www.researchgate.net/publication/236977795_Functional_Extinction_of_Birds_Drives_Rapid_Evolutionary_Changes_in_Seed_Size.

गीता रामास्वामी सीज़नवॉच (www.seasonwatch.in) की प्रमुख हैं। यह नेचर कंज़रवेशन फ़ाउण्डेशन (NCF), बेंगलूरु में स्थिति एक सिटीजन साइंस प्रोजेक्ट है जो पेड़ों के ऋतु चक्र को समझने के उद्देश्य से बनाया गया है। उनसे geetha@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : अर्पिता पाण्डे

हमारे लिए लिखिए...

अगर आप किसी स्कूल में पढ़ा रहे विज्ञान शिक्षक/शिक्षिका, अध्यापक शिक्षक या शोधकर्ता हैं और आपकी रुचि स्कूली स्तर का विज्ञान पढ़ाने-पढ़ने में है, तो हम आपको सुनना चाहते हैं।

हम उन लेखों का स्वागत करते हैं जो :

- विज्ञान और विज्ञान शिक्षा को एक आलोचनात्मक नज़रिए से देखते हैं,
- स्कूली विज्ञान पाठ्यक्रम के अन्तर्निहित सिद्धान्तों व मूलभूत अवधारणाओं की गहराई से पड़ताल करते हैं,
- विद्यार्थियों की आम धारणाओं को पहचानने, चुनौती देने या उनके निर्माण के तरीक़ों को सामने लाते हैं,
- ऐसी पाठ योजनाओं, गतिविधियों, उचित प्रयोगों, फ़ील्ड गाइड और विज्ञान की कहानियों को सामने रखते हैं जो युवा पाठकों की उत्सुकता और कल्पनाशीलता को बढ़ावा देते हों।
- ऐसी मिसालें हों - जो अर्थपूर्ण और खोजी तरीक़े से विज्ञान सीखने को प्रेरित करती हों।

विशेष रुचि के विषय :

हमारे लक्षित पाठकों को ध्यान में रखते हुए, हमारी रुचि विशेष तौर से ऐसी लिखित सामग्रियों में है जो स्कूली विज्ञान पाठ्यक्रम के निम्न विषयों पर आधारित हो, इनसे सम्बन्धित हो या इनसे बनी हो :

- **भौतिक विज्ञान :** गति; द्रव्यमान और भार; घनत्व; बल और दाब; संवेग; ऊर्जा; कार्य; शक्ति; प्रकाश; ध्वनि; ऊष्मा; विद्युत और परिपथ; गुरुत्वाकर्षण; तारे और सौर मण्डल; और चुम्बकत्व।
- **रसायन शास्त्र :** परमाणु संरचना; आवर्त सारणी; पदार्थ की कण प्रकृति; संरचना और बन्ध; रासायनिक प्रतिक्रिया; अम्ल, क्षार और लवण; हवा और पानी; पदार्थ - धातु और अधातु; और ईंधन।
- **जीव विज्ञान :** सजीव और निर्जीव; कोशिका संरचना और संगठन; जैविक अणु; कोशिकाओं के अन्दर और बाहर संचरण; पादप पोषण और संचरण; मानव पोषण और जानवरों में संचरण; रोग और प्रतिरक्षा; श्वसन; उत्सर्जन; समन्वय और प्रतिक्रिया; आनुवंशिकता; विविधता और चयन; जीव और उनका पर्यावरण; और मनुष्यों का पारिस्थितिक तंत्र पर प्रभाव।

लम्बे लेखों के लिए विषयवस्तु (1500 शब्द)

- **विज्ञान की प्रयोगशाला :** किसी अवधारणा को सिखाने के लिए आज़माए और जाँचे-परखे हुए विचार या प्रायोगिक प्रयोग।
- **इतिहास कथा :** किसी महत्त्वपूर्ण दृष्टिकोण, खोज, अवधारणा या आविष्कार का इतिहास।
- **कुछ अन्दर की/कुछ बाहर की :** किसी जीवित प्रणाली के अन्दर के किसी एक घटक (जैसे पेट) या भौतिक दुनिया के चरम के किसी एक घटक (जैसे ब्लैक होल) का 'जीवन इतिहास', जो प्रथम-व्यक्ति में लिखा गया।
- **जीवनी एक वैज्ञानिक की :** विज्ञान में उनके योगदान को ध्यान में रखते हुए उनका जीवन और काल।
- **शिक्षण :** मानो कि धरती मायने रखती है : टिकाऊपन, पृथ्वी विज्ञान, जलवायु विज्ञान, और प्रणाली के प्रति दृष्टिकोण और सीखने-सिखाने के तरीक़े।
- **विज्ञान शिक्षक काम पर** : प्रथम-व्यक्ति में लिखे हुए विज्ञान पढ़ाने के तरीक़े और दृष्टिकोण।
- **महत्त्वपूर्ण सवाल** : हम विद्यार्थियों को विज्ञान के उन शक्तिशाली या दिमाग़ खोलने वाले विचारों से कैसे परिचित कराएँ जो हमारे कई भ्रामक अनुभवों और असम्बन्धित लगने वाले तथ्यों को बेहतर ढंग से समझने में मदद करते हों?
- **मैं हूँ एक वैज्ञानिक** : वैज्ञानिक होने का क्या मतलब है, वैज्ञानिक बनने की प्रेरणा आपको कहाँ से मिली, आपको किस तरह के सवाल उत्सुक करते हैं, और ऐसा क्या है जो आपको लगता है कि काश मैंने यह स्कूल में सीखा होता?
- **जो सुर्खियों में है :** हाल की सुर्खियाँ विद्यार्थियों और शिक्षकों के लिए समान रूप से रुचिकर क्यों हैं?
- **पुस्तक समीक्षा :** जो किताब आपने पढ़ी है, वह क्यों और कैसे स्कूली विज्ञान सीखने-सिखाने में योगदान देती है।

छोटे लेखों के लिए विषयवस्तु (200-600 शब्द) :

- **मिथक या तथ्य :** आमतौर पर माने जाने वाली ग़लत धारणाएँ बनाम सम्बन्धित उद्देश्य और सत्यापित करने योग्य अवलोकन।
- **10 बातें जो आप नहीं जानते :** किसी अवधारणा, विषय या विषयवस्तु के बारे में ऐसी दस दिलचस्प बातें जिसके बारे में आमतौर पर आपने कहीं सुना-पढ़ा नहीं था।
- **कैसे पता :** हमें कैसे पता है कि कोई तारा पृथ्वी से कितनी दूर है? या, हमारे शरीर में कितने सूक्ष्मजीव रहते हैं? अपने जवाब हमारे साथ साझा करें।
- **विविध (स्निपेट्स) :** क्या आप विज्ञान या वैज्ञानिकों के किसी एक मज़ेदार, आकर्षक, रहस्यमय या प्रेरक पहलू के बारे में जानते हैं?
- **पोस्टर :** किसी भी विषय या विषयवस्तु पर पोस्टर जिसे शिक्षक कक्षा में एक संसाधन के रूप में उपयोग कर सकते हैं।

अपने विचार हमारे साथ साझा करें :

1. **100 से कम शब्दों में एक ऐसी संक्षिप्त रूपरेखा लिखें जो बताए कि :**
   - आप किस बारे में लिखना चाहते हैं,
   - मुख्य सवाल जिन्हें आप सम्बोधित करना चाहते हैं,
   - आपको क्यों लगता है कि यह स्कूली विज्ञान शिक्षक के लिए रुचिकर होगा।
2. **50 से कम शब्दों में अपना एक संक्षिप्त परिचय दें, जिसमें आपके बारे में ये बिन्दु हों :**
   - विज्ञान और/या विज्ञान शिक्षा में पृष्ठभूमि,
   - स्कूली विज्ञान में रुचि का विषय या क्षेत्र

अपने विचार की रूपरेखा और अपना परिचय अँग्रेज़ी, हिन्दी या कन्नड़ भाषा में से किसी एक में इस पते पर कभी भी भेज सकते है : *iwonder@apu.edu.in*

हमारे साथ जुड़ें

पढ़ें

हम **अँग्रेज़ी** भाषा में **साल में दो अंक** प्रकाशित करते हैं। एक निश्चित अंतराल के बाद इन अंकों के **हिन्दी** और **कन्नड़ अनुवाद** भी प्रकाशित होते हैं। हर अंक का एक हिस्सा एक विषय (थीम) आधारित होता है। और कई हिस्से थीम-मुक्त होते हैं।

हमारे ताज़ा अंक की थीम में शामिल हैं : महत्त्वपूर्ण सवाल, पुनरीक्षित विकास और महामारी ।

थीम-मुक्त हिस्से में शामिल हैं : विज्ञान की प्रयोगशाला, इतिहास कथा, विज्ञान शिक्षक के कार्य, विज्ञान की प्रकृति/विज्ञान क्यों महत्त्वपूर्ण है?, हमारे पड़ोस में जीव-जन्तु, मैं हूँ एक वैज्ञानिक, पुस्तक समीक्षा, जीवनी, शोध, दस बातें जो आप नहीं जानते और शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है। प्रत्येक अंक में छोटे लेख/समाचार भी हैं जैसे छोटे स्निपेट, पोस्टर, गतिविधि और स्कूल-स्तरीय फ़ील्ड गाइड।

पूछें और चर्चा करें

हम हर महीने के दूसरे बुधवार को लाइव, ऑनलाइन चर्चा के लिए लेखकों और पाठकों को आमंत्रित करते हैं।

पिछले वर्ष जिन विषयों पर चर्चा की गई थी, उनमें कुछ हैं :

- एंटीबायोटिक्स का जन्म : रोहिणी करन्दीकर, सुभोजित सेन और शिव पाण्डे
- विज्ञान में कहानी सुनाना : रोहिणी चिन्ता और विनय सुरम
- खगोल विज्ञान में दूरियाँ : आनन्द नारायणन और अमोल काटे
- कोविड-19 का परीक्षण : यास्मीन जयतीर्थ और विजेता रघुराम
- शिक्षक के रूप में विद्यार्थी : सौरभ सोम और शिव पाण्डे
- गन्दे हाथों का शिक्षाशास्त्र : देबोरा दत्ता और राधा गोपालन

हम यहाँ मिलेंगे :

पत्रिका के ताज़ा अंक और ऑनलाइन चर्चाओं के बारे में सूचनाएँ प्राप्त करने के लिए, यहाँ रजिस्टर करें : https://bit.do/IWRegister या हमारे फ़ेसबुक पेज पर हमें फ़ॉलो करें : https://bit.ly/ZUcvmaE

हमारी ऑनलाइन चर्चाओं की रिकॉर्डिंग देखने के लिए, हमारी प्लेलिस्ट यहाँ देखें : https://www.youtube.com/playlist?list=PLVI4qkjTdM70DMzfEuffUoRgIycXZ589u

हमारी मेलिंग सूची की सदस्यता लेने और हर अंक की मुफ़्त हार्ड कॉपी प्राप्त करने के लिए, अपना डाक पता हमें मेल करें : iwonder@apu.edu.in (ध्यान दें : हार्ड कॉपी सिर्फ़ भारत में ही डाक द्वारा भेजी जाएगी।)

मुद्रक तथा प्रकाशक मनोज पी द्वारा अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन फ़ॉर डेवलपमेंट के लिए
आदर्श प्रा. लि., 4 शिखरवार्ता, प्रेस कॉम्प्लेक्स, ज़ोन-1, एम. पी. नगर, भोपाल पिन 462011 से मुद्रित एवं अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज, बिक्कनाहल्ली मेन रोड, सरजापुरा, बेंगलूरु, कर्नाटक – 562 125 से प्रकाशित।
सम्पादक : रामगोपाल वल्लथ, चित्रा रवि और राधा गोपालन

"... इस पृथ्वी के प्रति अपने प्यार को अपने बच्चों तक पहुँचाने और अपनी कहानियाँ सुनाने के लिए बहुत थोड़े अवसर हैं। यही वे पल हैं जब दुनिया पूरी बनती है..."

— रिचर्ड लूव



आई वंडर का अगला अंक... *मानो कि धरती मायने रखती है...* के शिक्षण परिप्रेक्ष्य पर।

Azim Premji University
Survey No 66, Burugunte Village, Bikkanahalli
Main Road, Sarjapura, Bangalore 562125.
080 66144900
www.azimpremjiuniversity.edu.in
Facebook: /azimpremjiuniversity
Instagram: @azimpremjiuniv
Twitter: @azimpremjiuniv

210986

तालाब के बाशिन्दों से जान-पहचान



कीट और सन्धिपाद
(Insects And Arthropods)



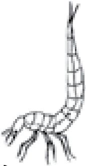
चेल मक्खी या कम्बल पतंगे का लार्वा
(Caddisfly larvae)



गोताख़ोर गुबरैला
(Diving beetle)

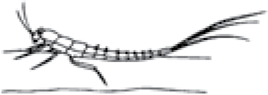


व्याध पतंगा का अर्भक
या शिशुकीट (Dragon
fly nymph)



गोताख़ोर गुबरैला का लार्वा
(Diving beetle larvae)

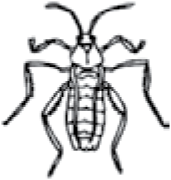
कीट और सन्धिपाद
(Insects And Arthropods)



मेफ्लाइ का अर्भक
(Mayfly nymph)



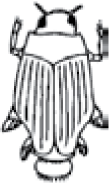
वॉटर बोटमैन
(Water boatman)



पानी का झींगुर
(Water cricket)



पानी का बिच्छू
(Water scorpion)

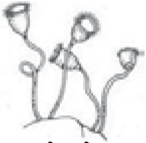


चकई गुबरैला (Whirlygig beetle)

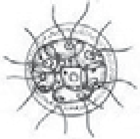
प्रोटोज़ोआ और छोटे जीव
(Protozoans and Small organisms)



डायटम
(Diatom)



वोर्टीसेला
(Vorticella)



पेंडोरिना
(Pandorina)



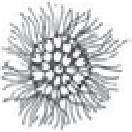
यूग्लीना
(Euglena)



स्टेंटर
(Stentor)



क्लोज़टेरियम
(Closterium)

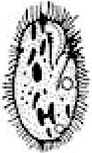


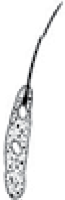
सिनुरा
(Synura)



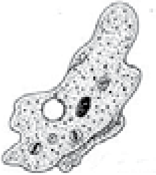
कोल्पिडियम
(Colpidium)

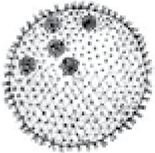
प्रोटोज़ोआ और छोटे जीव
(Protozoans and Small organisms)

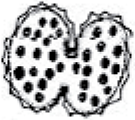

स्टायलोनिशिया
(Stylonychia)


पेरानेमा
(Peranema)


फेकस
(Phacus)


अमीबा
(Amoeba)


वॉलवॉक्स
(Volvox)


कॉस्मेरियम
(Cosmarium)


पैरामिशियम
(Paramecium)

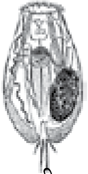

स्पायरोगायरा (Spirogyra)


ऑसीलेटोरिया
(Oscillatoria)

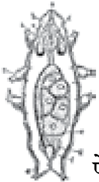
प्रोटोज़ोआ और छोटे जीव
(Protozoans and Small organisms)



रोटिफर्स
(Rotifers)



जलीय भालू
(Waterbear —
Tardigrade — टार्डिग्रेड)



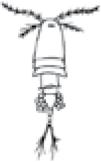
पेंडोरिना
(Pandorina)



सूत्रकृमि, निमेटोड
(Roundworm, Nematode)



प्लेनेरियन
(Planarian)



सायक्लोप्स
(Cyclops)



झींगा
(Water shrimp)



पानी का पिस्सू, डैफ्निया
(Water flea, Daphnia)

शैवाल और अन्य सूक्ष्मजीव



वॉलवॉक्स (हरा)



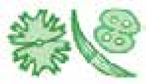
हिमेटोकोकस
(लाल रंग)



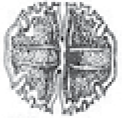
स्पायरोगेरा
(हरा)



डाइनोफ्लेजेलेट (लाल, हरे
और रंग-बिरंगे)



डेस्मिड्स (हरे)



माइक्रास्टेरिअस
(Micrasterius)

तालाब में रहने वाले कितने जीव तुमने खोजे?

चित्र साभार :

यहाँ इस्तेमाल किए गए कुछ चित्र स्कैन किए गए हैं, कुछ चित्र उपयोग के लिए मुक्त स्रोतों से और कुछ क्लिपआर्ट (clipartETC) से लिए गए हैं।

मैंने चुना

रोहिणी चिन्ता



मिट्ठू ने अपने मनपसन्द आलू चिप्स का पैकेट फाड़ा, टेलीविज़न चालू किया और अपने स्कूल प्रोजेक्ट पर काम करने के लिए बैठ गया। उसने कुछ समय इंटरनेट को खंगाला, काग़ज़ पर एक विचार लिखा, लेकिन वह इससे सन्तुष्ट नहीं हुआ, तो काग़ज़ की गेंद बनाई और एक नए काग़ज़ पर फिर से शुरू हो गया।

ताता भुनभुनाए।

लेकिन मिट्ठू ने उनकी ओर ध्यान नहीं दिया और अपना काम जारी रखा। अगले 30 मिनट में वह चिप्स के दो पैकेट खा चुका था। काग़ज़ की 15 शीट्स को मसलकर गेंदें बना चुका था और टीवी पर 3 चैनल बदल चुका था। इसके बाद उसने अपने दोस्त को कॉल करने के लिए अपनी माँ का मोबाइल फ़ोन उठाया।

इस बार ताता ने तेज़ आवाज़ में झल्लाते हुए कहा, "मिट्ठू, क्या चल रहा है?"

"क्या? मैं तो बस यह जानना चाहता हूँ कि मेरा दोस्त क्या कर रहा है!" मिट्ठू ने फ़ोन काटते हुए जवाब दिया। मिट्ठू ने निवेदन करते हुए कहा, "मैं अपना होमवर्क करने की कोशिश कर रहा हूँ। आप झल्लाना बन्द करो और मेरी मदद करो।"

"तुम्हें इतने सारे काग़ज़ बरबाद करने और इतना कचरा करने की क्या ज़रूरत थी? और काम करने के लिए टीवी चालू करने की क्या ज़रूरत थी?" ताता ने डाँटते हुए जवाब दिया। "तुम अपना समय बरबाद कर रहे हो, ग्लोबल वॉर्मिंग में वृद्धि कर रहे हो और अपने कार्बन पदचिह्न भी बढ़ा रहे हो।"



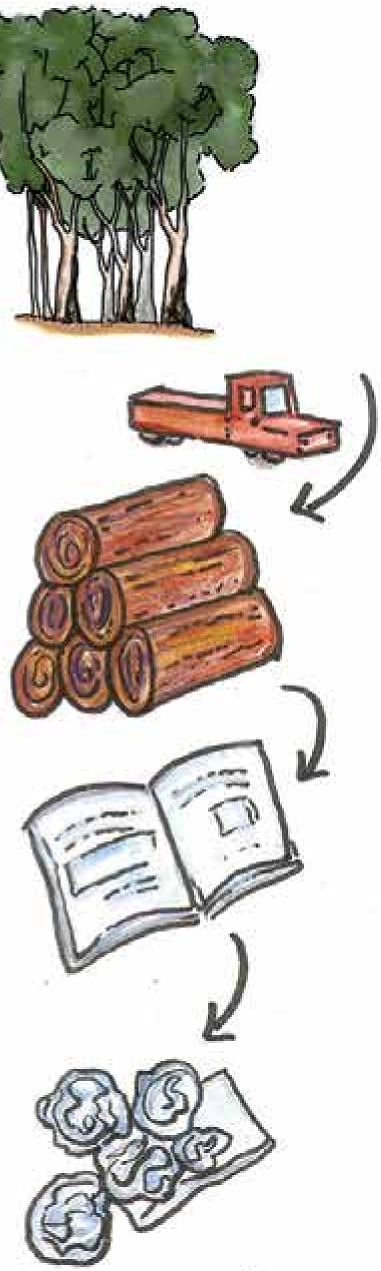
मिट्टू ने कुछ कहने के लिए मुँह खोला लेकिन अचानक रुक गया।

"यह ग्लोबल वॉर्मिंग क्या है? और काले पदचिह्न?" उसने फ़र्श की तरफ़ देखते हुए कहा। "यह तो एकदम साफ़ है।"

"मैंने कहा कार्बन पदचिह्न, काले पदचिह्न नहीं। तुम्हारी प्रत्येक करतूत से वातावरण में पहुँचने वाली कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा ही तुम्हारा कार्बन पदचिह्न है," ताता ने स्पष्ट किया।

"मैं समझा नहीं...," मिट्टू ने हैरानी-से कहा।





“अच्छा, मैं समझाता हूँ। काग़ज़ की इन गेंदों को देखो। यह काग़ज़ कहाँ से आता है?”

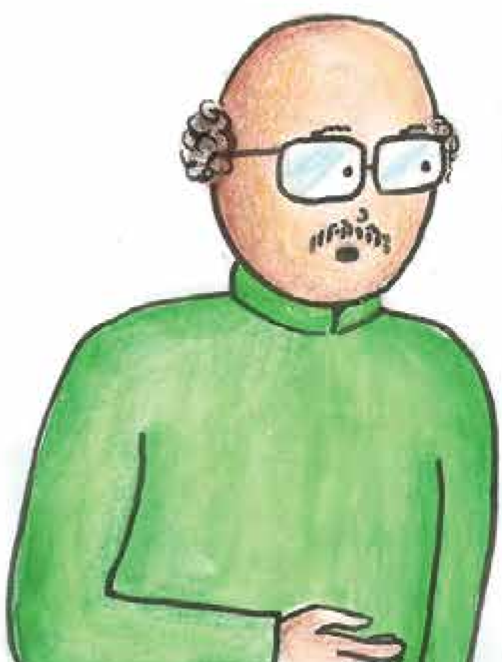
“पेड़ों से?” मिट्टू ने जवाब दिया।

“हाँ, सबसे पहला, हम पेड़ों को काटते हैं यानी निर्वनीकरण करते हैं,” ताता ने अपनी बात जारी रखते हुए कहा, “कम पेड़ यानी पर्यावरण में अधिक कार्बन डाईऑक्साइड। क्योंकि इसको अवशोषित करने के लिए पेड़ तो बचे नहीं हैं। प्रकाश संश्लेषण तो याद है न?”

मिट्टू ने हामी में सर हिलाया।

ताता ने आगे समझाते हुए कहा, “इसके बाद दूसरा, वाहनों द्वारा लकड़ियों को कारख़ानों तक पहुँचाना। ये वाहन पेट्रोल और डीज़ल जैसे जीवाश्म ईंधनों का उपयोग करते हैं। जीवाश्म ईंधनों के जलने से पर्यावरण में कार्बन डाईऑक्साइड का उत्सर्जन होता है। तीसरा, भाप और बिजली के उपयोग से लकड़ी की लुगदी बनाना। फिर इस लुगदी और तैयार किए गए काग़ज़ उत्पादों का परिवहन। यानी एक बार फिर कार्बन डाईऑक्साइड का उत्सर्जन।”

“रुको ताता,” मिट्टू ने अचानक-से कहा। “मेरा तो सर घूम रहा है। कार्बन डाईऑक्साइड का उत्सर्जन कौन-सी बड़ी बात है? मैं तो साँस लेते समय हर बार कार्बन डाईऑक्साइड छोड़ता हूँ!”



"हाँ," ताता ने कहा, "हम सब जीने के लिए यही करते हैं। ऑक्सीजन अन्दर लेते हैं और कार्बन डाईऑक्साइड बाहर छोड़ते हैं। मैं उसकी बात नहीं कर रहा हूँ। मैं तो उस अतिरिक्त कार्बन डाईऑक्साइड की बात कर रहा हूँ जिसे हम सब पर्यावरण में जोड़ रहे हैं। वास्तव में, यही अतिरिक्त कार्बन डाईऑक्साइड हानिकारक है।"

"ठीक है..." मिट्ठु ने धीरे-से कहा। "तो काग़ज़ बनाने से पर्यावरण में अतिरिक्त कार्बन डाईऑक्साइड का उत्सर्जन होता है?"

"हाँ," ताता ने कहा। "और काग़ज़ बर्बाद करके तुम और अधिक उत्सर्जन कर रहे हो।"

"लेकिन मेरे कार्बन पदचिह्न ग्लोबल वॉर्मिंग में कैसे योगदान दे रहे हैं?"

"क्या तुमने अपने बगीचे में कभी ग्रीनहाउस देखा है?" ताता ने पूछा।

"हाँ! वह काँच से बना कमरा, है न? जहाँ माँ हरी पत्तेदार सब्ज़ियाँ उगाती है।"

"हाँ। लेकिन क्या तुम जानते हो कि इसकी दीवार और छत काँच की क्यों होती है?"

"क्यों?"

"क्योंकि इसमें से धूप अन्दर तो आ जाती है लेकिन जब यहाँ की ज़मीन या अन्य चीज़ों से वह धूप परावर्तित होती है तो उसमें एक तरह की किरणों की मात्रा ज़्यादा होती है जिन्हें अवरक्त किरणें कहते हैं। ये अवरक्त किरणें गर्मी पैदा करती हैं। और ख़ूबी यह है कि काँच इन किरणों को आर-पार नहीं जाने देता। इस वजह से अन्दर का तापमान बढ़ता है। इसे ग्रीनहाउस असर कहते हैं। इसके अलावा इस कमरे में पौधे भी लगे हैं। ये पौधे कार्बन डाईऑक्साइड और जलवाष्प छोड़ते हैं। इन दोनों गैसों में भी वही गुण होता है जो काँच में होता है। ये भी अवरक्त किरणों को रोक लेती हैं। तो गर्मी और भी बढ़ जाती है। इसीलिए कार्बन डाईऑक्साइड और जलवाष्प को **ग्रीनहाउस गैसें (जीएचजी)** कहते हैं।"



"इसका ग्लोबल वॉर्मिंग से क्या लेना-देना है?" मिट्ठू ने हैरानी-से पूछा।

"ग्रीनहाउस असल में एक छोटी पृथ्वी के समान है," ताता ने कहा। "पृथ्वी सूर्य की गर्मी को अवशोषित करती है।"

"मुझे पता है...!" मिट्ठू ने ताता को बीच में ही रोक दिया और कहा, "इसमें से कुछ गर्मी धरती और महासागरों को गर्म रखती है। और कुछ वापस पर्यावरण में परावर्तित हो जाती है।" मिट्ठू ने ताता को अपेक्षा के साथ देखा।



ताता ने मुस्कराते हुए कहा, "बिल्कुल सही! लेकिन पृथ्वी के ऊपरी वायुमण्डल में मौजूद कार्बन डाईऑक्साइड और जलवाष्प एक आवरण के समान सुरक्षात्मक परत बनाते हैं, कम्बल के समान। यह परत परावर्तित ऊष्मा के कुछ हिस्से को रोक लेती है और पृथ्वी को गर्म रखती है।"

"लेकिन क्या यह रोकी गई ऊष्मा पृथ्वी पर जीवन को सहारा नहीं देती है?" मिट्ठू ने पूछा।

ताता ने कहा, "हाँ मिट्ठू, देती है, ठीक उसी तरह जिस तरह ग्रीनहाउस में पौधों को उगाने में ऊष्मा मददगार होती है। लेकिन जैसे-जैसे पर्यावरण में कार्बन डाईऑक्साइड और जलवाष्प की सान्द्रता बढ़ती है, पृथ्वी पर और अधिक ऊष्मा फँस जाती है और दुनिया भर में तापमान में वृद्धि होने लगती है। जब इन गैसों की सान्द्रता सामान्य सीमा से अधिक हो जाती है तो पृथ्वी की सतह भी और अधिक गर्म होने लगती है। इतनी अधिक गर्म कि पृथ्वी की जलवायु में परिवर्तन आने लगता है।"

"क्या यह प्राकृतिक नहीं है?" मिट्ठू ने पूछा। कुछ देर रुकने के बाद उसने कहा, "मुझे जलवायु परिवर्तन से कोई समस्या नहीं। मुझे गर्म मौसम पसन्द है।"

"हाँ मिट्ठू, यह वायुमण्डलीय चक्र प्राकृतिक है," ताता ने मुस्कराते हुए कहा। "लेकिन हम अपनी अत्यधिक गतिविधियों से इस प्रक्रिया में तेज़ी ला रहे हैं। उदाहरण के लिए, ग्रीनहाउस के पौधों को जो ऊष्मा अभी मिल रही है उतनी उनके लिए पर्याप्त है। लेकिन कल्पना करो कि यह ग्रीनहाउस और अधिक गर्म होता जाए तो इन पौधों का क्या होगा? जलवायु में जो बदलाव हम अभी देख रहे हैं, वह कुछ ऐसा ही है। यह उस गर्माहट से अलग है जिसके हम आदी हैं। वर्तमान औसत वैश्विक तापमान पिछले हिमयुग की तुलना में ८-९ डिग्री सेल्सियस अधिक है। जैसे-जैसे जलवायु में परिवर्तन आएगा, गर्मियाँ असहनीय रूप से और अधिक गर्म हो जाएँगी। 2016 की तुलना से भी अधिक गर्म।"

मिट्ठू ने अख़बार में पढ़ी हुई सुर्ख़ियों को याद करते हुए कहा, "अब तक का सबसे गर्म वर्ष।"

"हाँ मिट्ठू। क्या तुम्हें याद है उस वर्ष पूरे भारत में लगभग 20,000 लोगों की मृत्यु गर्मी के कारण हो गई थी? अधिक गर्मी से ऐसा ही होने वाला है। धरती सूख जाएगी। पानी कम होने लगेगा," ताता रुके।

मिट्ठू सहम गया।

"सिर्फ इतना ही नहीं मिट्ठू। जलवायु परिवर्तन से ज़ीका और कोविड-१९ जैसे संक्रामक रोगों के फैलने की सम्भावना भी बढ़ जाएगी। ऐसे जीव जो ठण्डे इलाक़ों में नहीं जा पाएँगे, विलुप्त हो जाएँगे। जो ठण्डे इलाक़ों में पहुँच भी जाएँगे, उनको कीटों, शिकारियों और दूसरे जीवों से मुक़ाबला करना होगा जिनका सामना उन्हें वैसे नहीं करना पड़ता।"



"और?" मिट्टू ने पूछा।

"और विभिन्न प्रजातियों के परस्पर सम्बन्ध में बदलाव आ जाएगा। उदाहरण के लिए, स्प्रूस के पेड़ों पर बार्क बीटल द्वारा हमला करना असामान्य बात नहीं है। लेकिन जलवायु बदलाव ने इन पेड़ों की प्राकृतिक सुरक्षा को कमज़ोर कर दिया है जिससे बार्क बीटल को बढ़ने और तेज़ी-से फैलने में मदद मिली है। इसके नतीजे में इन बार्क बीटल ने अलास्का के लगभग 40 लाख एकड़ में फैले स्प्रूस के पेड़ों का सफाया कर दिया है!"

"हे भगवान! कम पेड़ों का मतलब पर्यावरण में अधिक कार्बन डाईऑक्साइड, है न?" मिट्टू ने पूछा

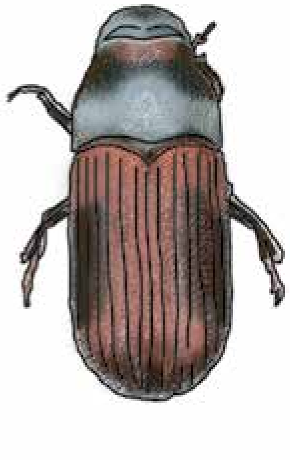
ताता ने सहमति जताते हुए कहा, "इससे औसत वैश्विक तापमान में और वृद्धि होगी और जलवायु परिवर्तन में तेज़ी आएगी। तुमने देखा? यह एक दुष्चक्र है।"

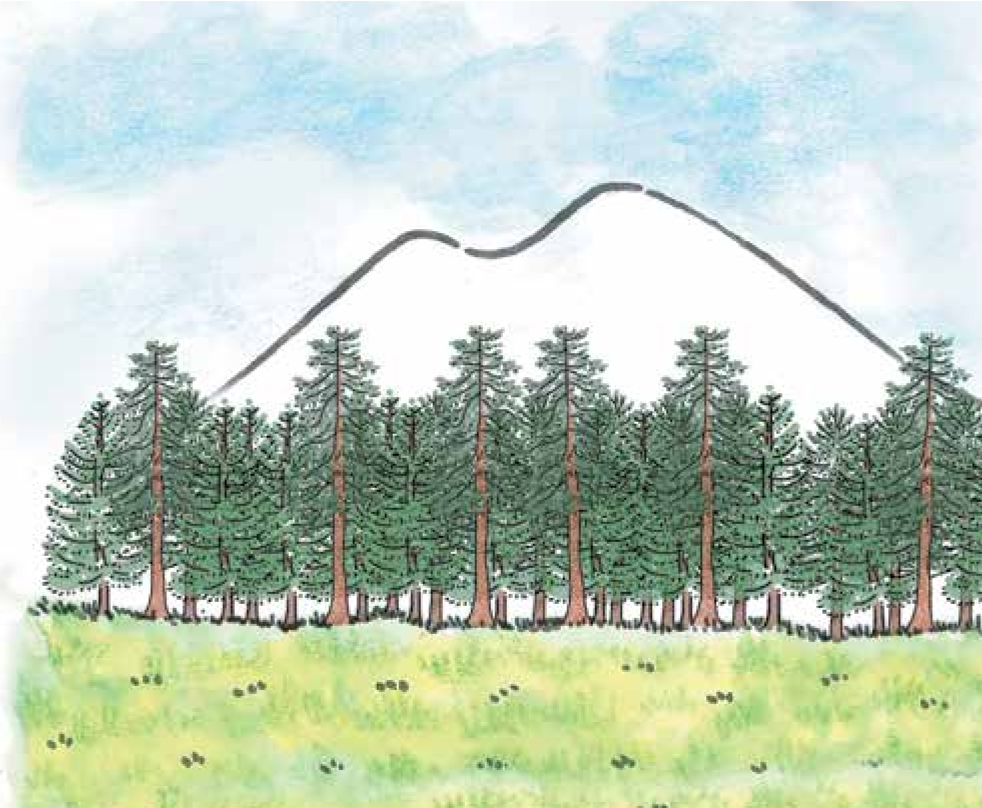
"इतनी गर्मी हो जाने पर क्या हम एयर कंडीशनर चालू नहीं कर सकते?" मिट्टू ने ज़ोर देते हुए कहा।

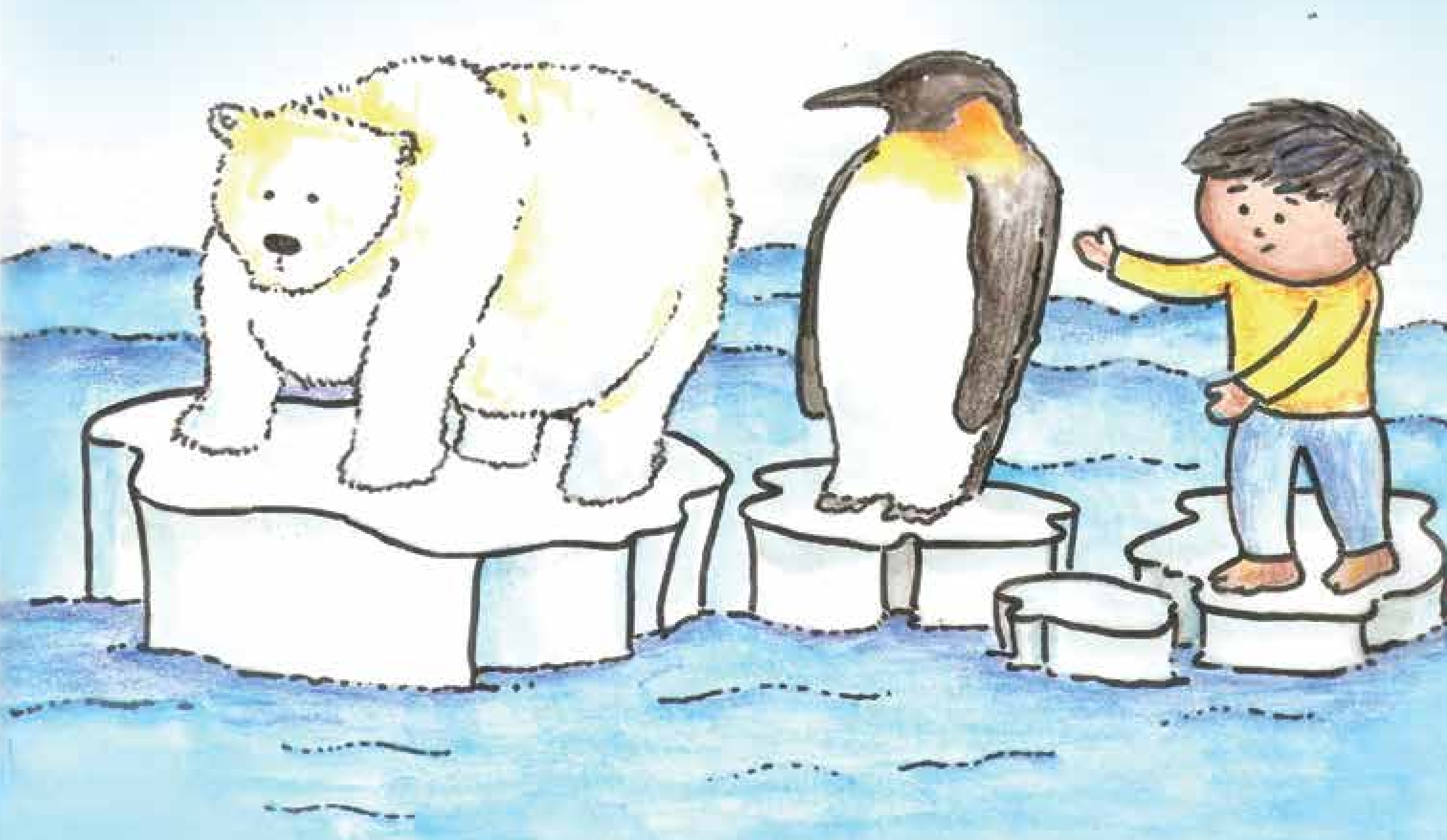
"ओह मिट्टू!" ताता ने सहानुभूतिपूर्वक कहा, "चालू करने के लिए कुछ बचेगा ही नहीं। इस बढ़ते तापमान से हिमनद तेज़ी-से पिघलने लगेंगे। जब ये हिमनद तेज़ी से पिघलेंगे तो कई जगह बाढ़ आएगी। बाढ़ का पानी बहकर समुद्रों में चला जाएगा। लेकिन कुछ दिनों बाद हिमनद खत्म ही हो जाएँगे। तब मीठे पानी के ये महत्त्वपूर्ण स्रोत समाप्त हो जाएँगे। हिमनद से पिघलकर आने वाले पानी पर लाखों लोग निर्भर हैं। और यह तो तुम्हें पता ही है कि हम जिस बिजली का उपयोग करते हैं, उसमें से बहुत सारी बिजली पनबिजली परियोजनाओं में बनती है। जब पानी नहीं होगा तो पनबिजली भी कम बनेगी।"

"यदि पानी नहीं होगा, तो हमारा ग्रीनहाउस और बग़ीचा भी नहीं रहेगा। और हमारे माली के पास कोई काम भी नहीं होगा!" मिट्टू चीख पड़ा।

"यदि सब ऐसा ही चलता रहा, तो हमें अपना घर छोड़ना पड़ सकता है, शायद देश भी छोड़ना पड़ सकता है," ताता ने कहा।







"लेकिन क्या हम कोयला जलाकर बिजली पैदा नहीं कर सकते?"

"हाँ, कर सकते हैं," ताता ने कहा। " लेकिन जब हम कोयला जलाकर बिजली का उत्पादन करते हैं तो पर्यावरण में और अधिक कार्बन डाईऑक्साइड का उत्सर्जन होता है। यदि वैश्विक तापमान में कुछ डिग्री की भी वृद्धि होगी, तो ध्रुवीय बर्फ़ पिघल जाएगी। आर्कटिक और अंटार्कटिक ख़त्म हो जाएँगे।"

"क्या? तो क्या इसका मतलब यह है कि ध्रुवीय भालू भी ख़त्म हो जाएँगे। और पेंगुइन भी!" मिटू ने कुछ दिन पहले टीवी पर देखे वन्यजीव कार्यक्रम के बारे में सोचकर काफी हैरानी-से पूछा।

"न कोई ध्रुवीय भालू, न कोई पेंगुइन और न हम," ताता ने कहा।

"क्या हम भी नहीं?" मिटू ने मायूस होते हुए पूछा।

"हाँ, हम भी नहीं," ताता ने उदास होकर कहा। उन्होंने आगे बढ़ने से पहले मिटू को इस विचार को समझने के लिए थोड़ा समय दिया, "क्योंकि पिघली हुई बर्फ़ का पानी हमारे महासागरों में पहुँचेगा, इससे समुद्र का स्तर बढ़ जाएगा और तटीय क्षेत्रों में बाढ़ आ जाएगी, ठीक उसी तरह जैसे नल खुला छोड़ने पर बाल्टी का पानी बाहर गिरने लगता है। फ़र्क सिर्फ़ इतना है कि हम उन इलाक़ों में रहते हैं जहाँ पानी छलककर पहुँचेगा। बाढ़ें पेड़-पौधों, जीवों, सम्पत्तियों, खेतों और लोगों का नाश करती हैं।"

"ठीक है," मिटू ने बहादुरी से कहा, "मैं अब और काग़ज़ बर्बाद नहीं करूँगा। क्या इससे जलवायु परिवर्तन रुकेगा?"



"मिट्ठू, काग़ज़ की बर्बादी और काग़ज़ एवं काग़ज़ के उत्पादों के परिवहन के लिए जीवाश्म ईंधनों का उपयोग तो चन्द उदाहरण हैं जो जलवायु परिवर्तन को तेज़ कर रहे हैं," ताता ने कहा। "बिजली उत्पादन, उद्योगों और वाहनों से होने वाला प्रदूषण और कृषि के लिए वनों की कटाई जैसी व्यापक गतिविधियाँ जलवायु परिवर्तन में अधिक योगदान दे रही हैं।"

"हम अपने कार्बन पदचिह्नों को कैसे कम कर सकते हैं ताता?" मिट्ठू ने पूछा। "इसमें बदलाव के लिए मैं क्या कर सकता हूँ?"

"कुछ बहुत आसान चीज़ों से तुम ऐसा कर सकते हो। उदाहरण के लिए टीवी देखने का समय कम कर सकते हो, एक दिन के लिए एयर कंडीशनर बन्द कर सकते हो, इंटरनेट की बजाय किताबों से पढ़ सकते हो, एक दिन के लिए अपना फ़ोन बन्द रख सकते हो, कहीं जाने के लिए कार-पूल का उपयोग कर सकते हो, एलईडी बल्ब का इस्तेमाल करो, काग़ज़ और जैविक कचरे का पुनर्चक्रण..." ताता ने थोड़ी देर ठहरते हुए कहा, "वह सब सोचो जो तुम कर सकते हो मिट्ठू। अधिक ज़िम्मेदार होने की शुरुआत हम अपने व्यक्तिगत विकल्पों से कर सकते हैं।"

मिट्ठू समझ गया था कि अब उसको निर्णय लेना है। "तो फिर मैं निर्णय लेता हूँ," मिट्ठू ने काफ़ी उत्साह से कहा, "मैं पर्यवारण को बचाने का निर्णय लेता हूँ। मैं पृथ्वी को बचाने का निर्णय लेता हूँ। मैं हम सबको बचाने का निर्णय लेता हूँ।"

"कैसे?" ताता ने सवाल किया।

"मैं साइकिल से स्कूल जाऊँगा, ताता," मिट्ठू ने कहा। "और मैं सप्ताह के कुछ दिन गैजेट का इस्तेमाल नहीं करूँगा। एक दिन टीवी नहीं देखूँगा, तो दूसरे दिन मोबाइल से दूर रहूँगा!"

"यह काफ़ी अच्छी शुरुआत है मिट्ठू," ताता ने बिना मुस्कराए मिट्ठू को देखते हुए कहा, "लेकिन क्या तुम जानते हो कि ऐसा करके तुम क्या छोड़ोगे?" ताता ने पूछा।

"क्या?" मिट्ठू ने घबराते हुए पूछा।

"हमारे पर्यावरण पर एक सकारात्मक प्रभाव। अपने **कार्बन हस्तचिह्न**!" ताता ने मुस्कराते हुए कहा।

मिट्ठू ख़ुशी से खिल उठा। उसने तुरन्त टीवी बन्द कर दिया, काग़ज़ की गेंदों को उठाया और अपने हाथों से सीधा करने लगा। इन कागज़ों को उसने बाद में उपयोग करने के लिए अलग रख दिया और उनमें से एक काग़ज़ पर अपने विचारों को लिखने लगा। अपने प्रोजेक्ट का काम पूरा करने के बाद वह ताता के पास बैठ गया और ख़ुशी-ख़ुशी पेंगुइन के बारे में किताब पढ़ने लगा।



रोहिणी चिन्ता *यूनिवर्सिटी कॉलेज फ़ॉर वीमेन, हैदराबाद के जेनेटिक्स एण्ड बायोटेक्नोलॉजी विभाग में सहायक प्रोफ़ेसर (सी) हैं। वे बच्चों के लिए लिखने का शौक़ रखती हैं और उनका मानना है कि ‘एक ख़ुशहाल बचपन से एक ख़ुशहाल समाज का निर्माण होता है’। बच्चों के लिए लिखी गई उनकी लगभग 85 कहानियाँ विभिन्न पत्रिकाओं में प्रकाशित हो चुकी हैं। उनका काम www.popscicles.com वेबसाइट पर देखा जा सकता है।*

चित्रांकन एवं डिज़ाइन : *विद्या कमलेश*

अनुवाद : *ज़ुबैर सिद्दीकी*



i wonder...
Rediscovering school science

Azim Premji University